

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE  
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À  
L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

COMME EXIGENCE PARTIELLE  
À L'OBTENTION DE LA  
MAÎTRISE EN GÉNIE DE LA CONSTRUCTION  
M.Eng.

PAR  
TÉTRAULT, Maxime

CONCEPT ET PROTOTYPE D'UN OUTIL GUIDANT LA CONCEPTION ET VISANT À  
RÉDUIRE LES DÉCHETS DE CONSTRUCTION DANS LES BÂTIMENTS

MONTREAL, LE 7 NOVEMBRE 2008

© Maxime TÉTRAULT 2008

CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ

PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

M. Daniel Forgues, B. arch., M. Sc., Ph. D., professeur, directeur de mémoire  
Département de génie de la construction, École de technologie supérieure

M. Pierre Bourque, B. Sc., M. Sc., Ph. D., professeur, président du jury  
Département de génie logiciel et des technologies de l'information, École de technologie  
supérieure

M. Jean-Luc Dion, ing., M. Sc., V.P. Construction, membre du jury  
DEVIMCO inc.

IL A FAIT L'OBJET D'UNE SOUTENANCE DEVANT JURY ET PUBLIC

LE 29 OCTOBRE 2008

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE



## AVANT-PROPOS

« À quoi sert une maison si nous n'avons pas de planète vivable où la poser? ». Avec cette réflexion, le philosophe américain Henry David Thoreau introduisait le principe de gestion écologique rationnelle un siècle avant qu'il ne soit évoqué au premier sommet de la terre de Stockholm (1972). C'est ce principe qui est à l'origine de la notion de développement durable définie par le rapport Brundtland (1987) et par le deuxième sommet de la terre de Rio (1992) sous la forme des trois piliers : écologie, social et économie.

Le troisième sommet de la terre, celui de Johannesburg (2002), a quant à lui permis d'évoluer du « concept » à la « mise en application » du développement durable en réussissant à le faire intégrer partiellement aux politiques gouvernementales de divers pays et, en conséquence, de plusieurs industries. Pour celle de la construction, cette intégration du développement durable se traduit généralement par la volonté de diminuer les impacts environnementaux engendrés par ses activités. Pour y parvenir, plusieurs enjeux peuvent être améliorés. Ce mémoire propose d'agir sur un des éléments de solution : la saine gestion des déchets produits par la construction, la rénovation et la démolition des bâtiments.

## REMERCIEMENTS

Avant tout, j'aimerais remercier Hugues Rivard et Daniel Forgues qui se sont succédé en tant que directeur de recherche au cours de cette maîtrise. Leurs conseils judicieux et les pistes de réflexion sur lesquelles ils m'ont lancé m'ont permis de mener à terme ce projet. Sans leur expérience et leurs connaissances, les résultats de ce projet ne seraient pas les mêmes. Également, une mention aux membres du jury qui m'ont permis d'améliorer ce mémoire par leurs commentaires judicieux. Je tiens aussi à souligner la participation volontaire des professionnels de l'industrie à cette étude, et ce, malgré un emploi du temps très chargé. Je suis reconnaissant du temps qui m'a été accordé. Sans leur participation, ce projet de recherche n'aurait pas eu la même valeur. Aussi, une mention à l'École de technologie supérieure qui m'a fourni les ressources matérielles et financières nécessaires me permettant de me concentrer sur la réalisation de ce projet.

L'environnement de travail comptant aussi pour beaucoup, merci aux collègues de bureau pour les conseils pratiques et les pauses café redonnant de l'énergie. Les journées de travail devant être entrecoupées de moments de détente, merci aux amis, qu'ils soient au Québec ou éparpillés aux quatre coins de la planète. Les weekends et les vacances passés avec eux ont permis de décrocher et d'accumuler de nombreux clichés et souvenirs mémorables.

Pour terminer, à ma famille et plus spécialement à mes parents, merci pour leur appui tout au long de mon parcours académique. Pour avoir cru en moi et avoir réussi à me donner une bonne éducation, merci.

# **CONCEPT ET PROTOTYPE D'UN OUTIL GUIDANT LA CONCEPTION ET VISANT À RÉDUIRE LES DÉCHETS DE CONSTRUCTION DANS LES BÂTIMENTS**

TÉTRAULT, Maxime

## **RÉSUMÉ**

L'industrie de la construction génère des quantités importantes de déchets. Le secteur du bâtiment est responsable de la moitié de ce flux et une portion substantielle est générée par des décisions prises en amont des travaux.

La recherche vise à développer le concept et le prototype d'un outil d'évaluation guidant les concepteurs en matière de minimisation des déchets sur le cycle de vie des bâtiments.

Fondée sur une revue documentaire et un groupe de discussion, la recherche a identifié des critères de conception influençant la production de déchets des bâtiments. Ces critères visent la minimisation des matériaux, la prévision du cycle de vie du bâtiment, la facilitation de la gestion des déchets en chantier et l'esprit du contrat. Une méthodologie d'évaluation impliquant ces critères et intégrée au processus de conception a été développée. Lors des esquisses, le niveau de satisfaction des stratégies employées est évalué en fonction de cibles propres au projet. Au concept préliminaire, la performance du design est évaluée et comparée aux cibles.

Un prototype de l'outil a été développé et présenté à un architecte expérimenté en conception de bâtiments durables. Cette entrevue permet de conclure que le concept de l'outil tendrait à améliorer les pratiques de minimisation des déchets de construction alors que les concepteurs seraient guidés et la communication facilitée.

**Mots clés :** outil, déchets de construction, bâtiment durable, conception, évaluation

# **CONSTRUCTION WASTE MINIMISATION: CONCEPT AND PROTOTYPE OF A DESIGN ASSESSMENT TOOL**

TÉTRAULT, Maxime

## **ABSTRACT**

The construction industry generates a large amount of waste. The building sector accounts for half of this waste stream, and design decisions are responsible for a substantial portion of this.

The aim of this research is to develop the concept and a prototype of a design assessment tool that will facilitate waste minimisation over a building's life cycle.

Grounded in a literature review and a focus group session, the research identified design criteria that affect building waste production. The criteria aim at material minimisation, life cycle anticipation, on site waste management facilitation and contract scope. An assessment methodology involving these criteria and integrated into the design process was developed. At schematic design, the level to which strategies implemented satisfy the waste minimisation targets defined at the programming stage is assessed. During concept development, the design's achieved performance is assessed and compared to the project targets.

A prototype of the tool was developed and presented to an experimented architect in the field of sustainable building design. This interview made it possible to conclude that the use of the proposed tool would lead toward the improvement of waste minimisation practices as it would guide designers and facilitate communication.

**Keywords :** tool, construction waste, sustainable building, design assessment



## TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION .....	1
CHAPITRE 1 NOTIONS DE BASE ET CONTEXTE .....	4
1.1 Introduction.....	4
1.2 Caractérisation des déchets de CRD .....	4
1.2.1 Définitions.....	5
1.2.2 Types de déchets.....	6
1.2.3 Sources.....	8
1.2.4 Opportunités de traitement.....	10
1.2.5 Impacts.....	12
1.2.6 Sommaire .....	14
1.3 Cadres de gestion .....	14
1.3.1 Hong Kong.....	15
1.3.2 France.....	15
1.3.3 Angleterre .....	16
1.3.4 Québec .....	18
1.3.5 Conclusion sur les cadres de gestion .....	20
1.4 Bilan et problématique.....	21
1.4.1 Bilan.....	21
1.4.2 Problématique .....	21
1.5 Conclusion .....	24
CHAPITRE 2 CADRE DE RÉFÉRENCE.....	25
2.1 Introduction.....	25
2.2 Typologie des outils.....	25
2.3 Cadre de référence proposé.....	28
2.3.1 Portée .....	28
2.3.2 Contexte d'utilisation.....	30
2.3.3 Fonctionnement.....	31
2.3.4 Résultats.....	33
2.4 Conclusion .....	34
CHAPITRE 3 REVUE DES OUTILS EXISTANTS.....	36
3.1 Introduction.....	36
3.2 L'étalonnage .....	36
3.2.1 Le concept.....	36
3.2.2 Applicabilité aux déchets de CRD.....	38
3.2.3 Bénéfices & inconvénients .....	39
3.2.4 Conclusion sur l'étalonnage.....	41
3.3 L'analyse de cycle de vie des bâtiments .....	41

3.3.1	Le concept.....	42
3.3.2	Applicabilité aux déchets de CRD.....	44
3.3.3	Bénéfices & inconvénients .....	48
3.3.4	Conclusion sur l'analyse de cycle de vie .....	51
3.4	Les outils d'évaluation des bâtiments.....	51
3.4.1	Le concept.....	52
3.4.2	Applicabilité aux déchets de CRD.....	54
3.4.3	Bénéfices & inconvénients .....	56
3.4.4	Conclusion sur les outils d'évaluation .....	59
3.5	Outils spécifiques à l'enjeu des déchets de CRD.....	60
3.5.1	Outils visant la phase de démolition .....	60
3.5.1.1	Guide de conception pour la déconstruction.....	60
3.5.1.2	Évaluation du potentiel de récupération d'un bâtiment .....	61
3.5.1.3	Analyse de cycle de vie des opérations de démolition .....	62
3.5.2	Outils visant la phase de construction.....	63
3.5.2.1	Building Waste Assessment Score.....	63
3.5.2.2	SMARTWaste.....	64
3.5.2.3	Outil de simulation pour la gestion en chantier .....	66
3.5.3	Conclusion sur les outils spécifiques à l'enjeu des déchets de CRD .....	67
3.6	État de la situation – Lacunes et opportunités .....	69
CHAPITRE 4 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE .....		73
4.1	Introduction.....	73
4.2	Rappel de la problématique .....	73
4.3	Stratégie de recherche .....	74
4.4	But, objectifs spécifiques, question de recherche et assertions .....	75
4.4.1	But de la recherche.....	75
4.4.2	Objectifs spécifiques.....	76
4.4.3	Question et assertions de recherche .....	76
4.5	Méthodologie de recherche.....	77
4.5.1	Recherche.....	77
4.5.2	Groupe de discussion .....	78
4.5.3	Proposition .....	78
4.5.4	Validation.....	78
4.6	Justification de la méthodologie .....	79
4.7	Conclusion .....	80
CHAPITRE 5 DÉFINITION DU CONTENU TECHNIQUE DE L'OUTIL .....		81
5.1	Introduction.....	81
5.2	Justification du volet de recherche.....	81
5.3	Sources documentaires consultées.....	82
5.4	Critères de conception identifiés.....	85
5.4.1	Minimisation des matériaux.....	86
5.4.2	Prévision du cycle de vie .....	87

5.4.3	Facilitation de la gestion en chantier .....	89
5.4.4	Esprit du contrat .....	90
5.4.5	Sommaire .....	91
5.5	Choix des critères de conception .....	91
5.6	Conclusion .....	94
CHAPITRE 6 DÉFINITION DE L'ERGONOMIE DE L'OUTIL .....		95
6.1	Introduction .....	95
6.2	Rappel du cadre de référence .....	95
6.3	Justification du volet de recherche .....	96
6.4	Groupe de discussion .....	96
6.4.1	Composition .....	96
6.4.2	Instruments de mesure .....	98
6.4.2.1	Questionnaire .....	98
6.4.2.2	Variantes d'outils .....	99
6.4.3	Déroulement .....	103
6.5	Les besoins associés au contexte d'utilisation de l'outil .....	104
6.5.1	Les phases d'intervention .....	104
6.5.2	Les bénéfices anticipés .....	105
6.5.3	Les répondants et le porteur .....	107
6.5.4	Bilan .....	107
6.6	Les besoins associés au fonctionnement de l'outil .....	108
6.6.1	Type d'intrants .....	108
6.6.2	La collecte des données .....	110
6.6.3	L'aide à l'utilisateur .....	111
6.6.4	Bilan .....	113
6.7	Les besoins associés aux résultats fournis par l'outil .....	114
6.7.1	La nature des résultats .....	114
6.7.2	La pondération des enjeux et le calcul des résultats .....	115
6.7.3	La présentation des résultats .....	115
6.7.4	Bilan .....	116
6.8	Facteurs visant l'intégration de l'outil .....	117
6.9	Cohérence des besoins et des bénéfices anticipés .....	118
6.10	Concordance des besoins identifiés et des éléments de la littérature .....	121
6.11	Conclusion .....	123
CHAPITRE 7 CONCEPT DE L'OUTIL PROPOSÉ ET PROTOTYPE .....		125
7.1	Introduction .....	125
7.2	Structure et interface du prototype .....	125
7.3	Les objectifs et les phases d'intervention du prototype .....	128
7.3.1	Planification .....	130
7.3.1.1	Sensibilisation des répondants .....	130
7.3.1.2	Définition des cibles du projet .....	132
7.3.2	Esquisse - Guidance et évaluation de moyen .....	139



7.3.3	Concept préliminaire - Évaluation de la performance .....	143
7.3.4	Résumé schématique du concept de l'outil.....	147
7.4	Conclusion .....	149
CHAPITRE 8 VALIDATION DU CONCEPT DE L'OUTIL.....		151
8.1	Introduction.....	151
8.2	Validation avec un professionnel du bâtiment.....	151
8.3	Conclusion .....	155
CONCLUSION .....		157
RECOMMANDATIONS .....		164
ANNEXE I	ERGONOMIE DES OUTILS D'ÉTALONNAGE .....	167
ANNEXE II	ERGONOMIE DES OUTILS D'ACV .....	168
ANNEXE III	ERGONOMIE DES OUTILS D'ÉVALUATION DES BÂTIMENTS .....	170
ANNEXE IV	ERGONOMIE DES OUTILS SPÉCIFIQUES AUX DÉCHETS DE DÉMOLITION .....	172
ANNEXE V	ERGONOMIE DES OUTILS SPÉCIFIQUES AUX DÉCHETS DE CONSTRUCTION.....	174
ANNEXE VI	GRILLE D'ÉVALUATION DES CRITÈRES DE CONCEPTION .....	176
ANNEXE VII	QUESTIONNAIRE – GROUPE DE DISCUSSION .....	180
ANNEXE VIII	VARIANTE D'OUTIL 1 – GROUPE DE DISCUSSION .....	184
ANNEXE IX	VARIANTE D'OUTIL 2 – GROUPE DE DISCUSSION .....	188
ANNEXE X	VARIANTE D'OUTIL 3 – GROUPE DE DISCUSSION .....	191
ANNEXE XI	FEUILLES EXCEL DU PROTOTYPE DE L'OUTIL .....	195
ANNEXE XII	ARTICLE – 12 <sup>th</sup> CANADIAN CONFERENCE ON BUILDING SCIENCE AND TECHNOLOGY.....	220
LISTE DE RÉFÉRENCES .....		236



## LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1.1	Types de déchets de CRD .....7
Tableau 1.2	Origines et causes des déchets de CRD .....8
Tableau 2.1	Synthèse des typologies .....26
Tableau 2.2	Cadre de référence – Portée .....29
Tableau 2.3	Cadre de référence – Contexte d'utilisation.....30
Tableau 2.4	Cadre de référence – Fonctionnement .....32
Tableau 2.5	Cadre de référence – Résultats.....33
Tableau 3.1	Outil d'étalonnage (KPI) – Bénéfices & Inconvénients .....39
Tableau 3.2	Synthèse des outils d'analyse de cycle de vie étudiés .....44
Tableau 3.3	Analyse de cycle de vie (ATHENA) – Bénéfices & Inconvénients .....48
Tableau 3.4	Synthèse des outils d'évaluation étudiés.....53
Tableau 3.5	Critères visant les déchets de CRD à différentes phases du cycle de vie ....54
Tableau 3.6	Outils d'évaluation - Bénéfices & Inconvénients .....57
Tableau 3.7	Outils spécifiques aux déchets de CRD – Bénéfices & Inconvénients.....67
Tableau 5.1	Synthèse des sources documentaires utilisées .....82
Tableau 5.2	Critères de conception - Minimisation des matériaux .....86
Tableau 5.3	Critères de conception - Prévision du cycle de vie .....88
Tableau 5.4	Critères de conception - Facilitation de la gestion en chantier .....89
Tableau 5.5	Critères de conception - Esprit du contrat.....90
Tableau 5.6	Classification des critères de conception .....93
Tableau 6.1	Composition du groupe de discussion .....97

Tableau 6.2	Critères de la mécanique de l’outil visés par le questionnaire.....	98
Tableau 6.3	Synthèse comparative de la mécanique des variantes.....	101
Tableau 6.4	Besoins associés au contexte d’utilisation .....	107
Tableau 6.5	Besoins associés au fonctionnement.....	113
Tableau 6.6	Besoins associés aux résultats.....	116
Tableau 6.7	Analyse comparative – groupe de discussion versus littérature .....	121

## LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1.1	<i>Échelle 3R-V.</i> .....11
Figure 1.2	<i>Mode d'utilisation linéaire des ressources.</i> .....12
Figure 1.3	<i>Répartition des déchets de CRD recyclés.</i> .....19
Figure 3.1	<i>Schéma du processus d'étalonnage.</i> .....37
Figure 3.2	<i>Indicateur sur les déchets produits à la phase de construction.</i> .....38
Figure 3.3	<i>Cycle de vie d'un produit.</i> .....42
Figure 3.4	<i>Processus de l'analyse de cycle de vie.</i> .....43
Figure 3.5	<i>Impacts pouvant être considérés par l'analyse de cycle de vie.</i> .....43
Figure 3.6	<i>Déchets de CRD d'un immeuble en béton-Types de déchets.</i> .....46
Figure 3.7	<i>Déchets de CRD d'un immeuble en béton-Éléments du bâtiment.</i> .....47
Figure 3.8	<i>Potentiel de déconstruction de divers finis de plancher.</i> .....62
Figure 3.9	<i>Potentiel de production de déchets des finis de plancher.</i> .....64
Figure 3.10	<i>Rapport typique de SMARTWaste – Quantité vs Type de déchets.</i> .....65
Figure 3.11	<i>Rapport typique de SMARTWaste – Quantité vs Causes des déchets.</i> .....65
Figure 3.12	<i>Courbe de Pareto.</i> .....71
Figure 4.1	<i>Stratégie de recherche.</i> .....74
Figure 6.1	<i>Exemple d'une question avec une échelle Likert.</i> .....99
Figure 6.2	<i>Identification des phases de disponibilité des résultats de l'évaluation.</i> ...104
Figure 6.3	<i>Nature des données visant à évaluer la conception.</i> .....109
Figure 6.4	<i>Degré d'utilité des types d'aide à l'utilisateur proposé.</i> .....111
Figure 6.5	<i>Cohérence des besoins identifiés et des bénéfices souhaités.</i> .....119

Figure 7.1	<i>Structure du chiffrier EXCEL.</i> .....	127
Figure 7.2	<i>Phases d'interventions et objectifs de l'outil.</i> .....	128
Figure 7.3	<i>Intervention en planification – Sensibilisation des intervenants.</i> .....	130
Figure 7.4	<i>Capture d'écran A1 @ A3 - Informations transmises par l'outil.</i> .....	132
Figure 7.5	<i>Intervention en planification – Définition des cibles.</i> .....	133
Figure 7.6	<i>Capture d'écran A4 – Pondération des catégories de critères.</i> .....	135
Figure 7.7	<i>Classification UNIFORMAT II.</i> .....	136
Figure 7.8	<i>Capture d'écran A5 @ A7 – Cibles et critères de succès.</i> .....	137
Figure 7.9	<i>Capture d'écran A8 – Définition de la matrice de succès.</i> .....	138
Figure 7.10	<i>Intervention en développement des esquisses - Évaluation de moyen.</i> .....	139
Figure 7.11	<i>Capture d'écran A9&amp;A10–Préoccupations et évaluation de moyen.</i> .....	141
Figure 7.12	<i>Capture d'écran R2 – RADAR de l'évaluation de moyen.</i> .....	142
Figure 7.13	<i>Intervention en concept préliminaire - Évaluation des résultats.</i> .....	144
Figure 7.14	<i>Capture d'écran A11 – Évaluation de résultats.</i> .....	145
Figure 7.15	<i>Capture d'écran R3 – RADAR de l'évaluation de résultats.</i> .....	145
Figure 7.16	<i>Capture d'écran R4 – Histogramme de performance.</i> .....	147
Figure 7.17	<i>Résumé schématique de l'outil.</i> .....	148

## **LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES**

2R-V	Réemploi, Recyclage et Valorisation
3R-V	Réduction, Réemploi, Recyclage et Valorisation
ACV	Analyse de cycle de vie
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
ASMI	ATHENA Sustainable Materials Institute
BTP	Bâtiments et Travaux Publics
BRE	Building Research Establishment
BWAS	Building Waste Assessment Score
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency
CBDCa	Conseil du bâtiment durable du Canada
CIBE	Constructing Excellence in the Built Environment
CIC	Construction Industry Council
CIRIA	Construction Industry Research and Information Association
CRD	Construction, rénovation et démolition
DDEA	Direction départementale de l'Équipement et de l'Agriculture
DQI	Design Quality Indicator
DMS	Dépôt de matériaux secs
HQE	Haute Qualité Environnementale
iiSBE	international initiative for a Sustainable Built Environment
JSBC	Japan Sustainable Building Consortium

KPI	Key Performance Indicator
LEED-NC	Leadership in Energy and Environmental Design – New Construction
NEAT	National health service Environmental Assessment Tool
NHS	National Health Safety Department
OECD	Organisation for economic and co-operation development
SBTool	Sustainable Building Tool
SMARTWaste	Site Methodology to Audit, Reduce and Target Waste
WRAP	Waste & Ressource Action Program

## **LISTE DES SYMBOLES ET UNITÉS DE MESURE**

J	Joule
kg	kilogramme
t	tonnes

## **LISTE DES POLICES DE CARACTÈRES UTILISÉES**

*Times new roman 12 pt, Italique*

Identifie les citations provenant des participants du groupe de discussion et de l'entrevue de validation



## INTRODUCTION

L'industrie de la construction est responsable d'une forte proportion de la production totale des déchets d'un pays. Au Québec, 34 % des matières résiduelles sont générées par cette industrie dont environ la moitié proviendrait du secteur du bâtiment (Recyc-Québec, 2007a). En comparaison avec le secteur du génie civil et des ouvrages d'art, celui du bâtiment ne récupère qu'une faible proportion de ses déchets, et ce, même si 70 % de ceux-ci pourraient être revalorisés (Recyc-Québec, 2005). Cet usage linéaire des matériaux impose des pressions sur les sites d'enfouissement et démontre une utilisation sous optimale des ressources.

Ainsi, le mémoire traite de l'élaboration du concept et du prototype d'un outil guidant les concepteurs et visant à réduire les déchets de construction rénovation démolition (CRD) des bâtiments en amont de la réalisation du projet. Les travaux de terrassement, produisant des déchets sous forme de matériaux granulaires qui font déjà l'objet de normes et de règlements facilitant leur gestion, sont exclus de cette étude. Un article présentant le prototype développé au cours de ce projet de recherche a été soumis dans le cadre de la 12<sup>e</sup> « Canadian Conference on Building Science and Technology » qui se déroulera à Montréal en mai 2009 (ANNEXE XII).

À un niveau global, le projet de recherche découle du rapport intitulé : « Tool for measuring and forecasting waste on site » qui conclue qu'en comparaison avec les autres industries, celle de la construction affiche un retard en ce qui a trait aux efforts mis en œuvre pour réduire les quantités de déchets produits (Kwan, Mallet et coll., 2001). Plus précisément, le rapport recommande d'intégrer les efforts de réduction des déchets au tout début du projet pour qu'ils soient plus efficaces. Corroborant cette recommandation, les leçons tirées de l'étude de cas du projet Mountain Equipment COOP indiquent que pour prendre en compte l'enjeu des déchets de CRD, les professionnels ont planifié leurs travaux en fonction d'une

diminution optimale de la quantité de déchets à générer et à gérer sur le chantier (Lepage, Whitford et coll., 2003).

Pour parvenir à développer cet outil, le projet de recherche se divise en deux volets, soit l'identification du contenu technique de l'outil et la définition de son ergonomie. En ce qui a trait aux éléments techniques, l'analyse de cas d'études et de sources documentaires où la gestion des déchets de CRD a été traitée, permettra d'isoler les actions visant à influencer la production de déchets de CRD dès la conception. Quant à l'ergonomie de l'outil, la tenue d'un groupe de discussion où les participants auront à se prononcer sur trois variantes d'outils présentant des approches différentes, permettra de cerner les besoins des utilisateurs cibles. Les résultats de ces deux volets de recherche visent à proposer un outil aux professionnels de l'industrie désirant réduire les déchets de CRD des bâtiments par des interventions survenant en cours de conception.

Lors de l'élaboration du concept de l'outil, les deux assertions suivantes ont été considérées :

1. Les concepteurs peuvent prévenir la génération des déchets produits par le bâtiment sur son cycle de vie.
2. L'approche des outils d'évaluation des bâtiments en cours de conception affiche un potentiel permettant de considérer l'enjeu des déchets de CRD au cours du processus de conception.

La première provient de travaux de recherche portant sur l'étude des origines des déchets de bâtiments où l'influence directe et indirecte de la conception a été relevée sur plusieurs causes générant des déchets au cours du cycle de vie du bâtiment (section 1.2.3). La seconde assertion découle de l'analyse de l'ergonomie des outils d'évaluation des bâtiments tels Design Quality Indicator (DQI), Haute Qualité Environnementale (HQE) et Leadership in Energy and Environmental Design (LEED). Cette analyse a montré que leur structure,

généralement composée de critères d'évaluation de la conception établis dès l'amorce du processus de design, offre des repères aux propriétaires et aux concepteurs (sections 3.4.4 et 3.6)

Ce mémoire est composé de huit chapitres. Le premier caractérisera les déchets de CRD des bâtiments et exposera le cadre de gestion de ces déchets dans plusieurs pays. Ceci amènera à la définition de la problématique globale de recherche liée au secteur du bâtiment. Le second chapitre définira un cadre de référence qui structurera la revue des outils existants adressant l'enjeu des déchets de CRD du troisième chapitre. À ce moment, la problématique sera précisée en identifiant les forces et les faiblesses propres aux différents types d'outils disponibles dans l'industrie en regard de leur capacité à traiter l'enjeu des déchets de CRD. La méthodologie de recherche employée sera décrite au chapitre 4. Quant aux chapitres 5 et 6, ils définiront respectivement le contenu technique et l'ergonomie de l'outil à développer. Ces deux chapitres permettront ensuite de proposer, au chapitre 7, le concept et le prototype de l'outil visant à accompagner les concepteurs dans leurs efforts de réduction des déchets de CRD. Le dernier chapitre présentera la validation de l'outil obtenue auprès d'un concepteur de bâtiment. La conclusion résumant le projet et déterminant les contributions de la recherche sera ensuite présentée. Le mémoire se clôturera par des recommandations visant l'utilisation de l'outil et la suite de son développement.

# **CHAPITRE 1**

## **NOTIONS DE BASE ET CONTEXTE**

### **1.1 Introduction**

Ce chapitre vise à définir les déchets de construction, rénovation et démolition (CRD) ainsi qu'à explorer le contexte lié à leur gestion afin d'identifier la problématique motivant ce projet de recherche.

On présentera d'abord les éléments permettant de caractériser les déchets de CRD du secteur du bâtiment, soit les définitions applicables, les types et sources de ces déchets, les opportunités de traitements ainsi que les impacts causés par leur gestion actuelle. On poursuivra avec une revue des mesures adoptées par les gouvernements locaux et étrangers visant à encadrer la gestion de ces déchets. Ce survol des cadres de gestion en place identifiera les tangentes prises par l'industrie et les retombées obtenues, ce qui permettra de dresser l'état de la situation actuelle. Celle-ci, mise en perspective avec le caractère spécifique des déchets de CRD du secteur du bâtiment exposé en début de chapitre, nous amènera à définir la problématique de cette recherche.

### **1.2 Caractérisation des déchets de CRD**

Cette section définit d'abord les déchets de CRD dans le contexte global de la gestion des matières résiduelles. Les types de matériaux constituant ces déchets ainsi que l'origine de leur génération sont ensuite identifiés. Après, les diverses options de traitement de ces déchets sont définies et les impacts liés à leur enfouissement sont exposés.



### 1.2.1 Définitions

Avant de cibler les déchets de CRD, il convient de les définir dans un contexte global. Au Québec, la Loi sur la qualité de l'environnement définit les matières résiduelles comme étant (L.R.Q., chapitre Q-2, À jour au 1er mai 2008) :

« [...] tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau ou produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que le détenteur destine à l'abandon. »

Cette définition, une fois adaptée à l'industrie de la construction par le Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles (L.R.Q chapitre Q-2 r.6.02, À jour au 30 avril 2008a), précise ce qu'est un déchet de CRD :

« [...]par] débris de construction ou de démolition, s'entend des matières qui proviennent de travaux de construction, de réfection ou de démolition d'immeubles, de ponts, de routes ou d'autres structures, notamment la pierre, les gravats ou plâtras, les pièces de béton, de maçonnerie ou de pavage, les matériaux de revêtement, le bois, le métal, le verre, les textiles et les plastiques [...] incluant les branches, les souches [...] »

Bien que complète, cette définition couvrant toutes les activités de la construction doit être adaptée au secteur du bâtiment et doit permettre de cerner les limites de l'étude. Pour ce faire, plusieurs définitions sont proposées dans la littérature (Ekanayake et Ofori, 2004; Gavilan et Bernold, 1994; Peng, Scorpio et coll., 1997). Des précisions apportées par celles-ci, on retiendra l'exclusion de la terre et des matériaux granulaires en raison du volume important que ces matériaux représentent par rapport aux autres déchets produits et aux différentes manipulations que cela engendre (Ekanayake et Ofori, 2004). Les matières dangereuses, régies par un règlement spécifique, sont aussi hors des limites de l'étude (L.R.Q. chapitre Q-2 r.15.2, À jour au 30 avril 2008b). De plus, on retiendra le terme

« matériaux » de la définition légale présentée, permettant ainsi d'inclure tous les matériaux refusés du chantier ne répondant pas aux spécifications (Ekanayake et coll., 2004).

Pour l'étude en cours, considérant la définition légale et les précisions apportées par la littérature, les déchets de CRD sont définis comme étant :

« Tout type de matériaux nécessitant d'être transportés hors du chantier de construction, rénovation ou démolition des bâtiments, excluant les matières dangereuses et les matériaux provenant des travaux de terrassement. »

Cette définition ne précise toutefois pas les types de déchets considérés puisque le secteur du bâtiment en générant plusieurs, il serait trop lourd de tous les intégrer à une même définition. La section qui suit présente donc les principaux types de déchets recensés.

### **1.2.2 Types de déchets**

Une des premières classifications recensées est celle de Spivey (1974). Les types de déchets représentés sont : matériaux de démolition, emballage, bois, béton, asphalte, déchets sanitaires, métaux, caoutchouc, plastique et verre. Depuis ce relevé, d'autres études portant sur des constructions résidentielles multiétagées (Bossink et Brouwers, 1996; Yu, Poon et coll., 2001) et commerciales (Lepage et coll., 2003; McGrath, 2001; Yu et coll., 2001) ont relevé le niveau de détail de cette liste. De plus, il a été noté que les activités de finition intérieure et extérieure des bâtiments produisaient une plus grosse proportion de déchets que les travaux de structure (Poon, Yuqing et coll., 1996). L'étude du chantier Mountain Equipment Coop a corroboré cette observation en mesurant que 80 % des déchets provenaient de la finition du bâtiment et que les travaux de gros oeuvre n'en produisaient que 20 % (Lepage et coll., 2003). Le Tableau 1.1, bien qu'il ne soit pas exhaustif, présente les principaux types matériaux composant les déchets recensés en fonction des activités de chantier.

Tableau 1.1

## Types de déchets de CRD

(Adapté de Bossink et Brouwers, 1996; Lepage et coll., 2003; McGrath, 2001; Poon et coll., 1996; Spivey, 1974; Yu, Poon et coll., 2001)

Activités de chantier	Types de déchets
<b>Gros Oeuvre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bois;</li> <li>• Béton;</li> <li>• Métaux.</li> </ul>
<b>Finition intérieure et extérieure</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enrobé;</li> <li>• Béton;</li> <li>• Bois;</li> <li>• Briques;</li> <li>• Cadres de fenêtre;</li> <li>• Caoutchouc;</li> <li>• Ciment / Mortier;</li> <li>• Céramique;</li> <li>• Emballage;</li> <li>• Gypse;</li> <li>• Isolation;</li> <li>• Métaux;</li> <li>• Plastique;</li> <li>• Plâtre;</li> <li>• Peinture;</li> <li>• Tuiles;</li> <li>• Verre.</li> </ul>

La liste étant dépendante des matériaux employés sur les différents chantiers recensés, on note l'absence de matériaux tels les tapis, les recouvrements souples et les ignifugateurs. Par ailleurs, bien que les déchets provenant des activités de rénovation et démolition puissent représenter jusqu'à 90 % des déchets générés par le secteur du bâtiment (Ministère de l'Équipement - DDEA du Val d'Oise, 2005), ils ne font pas l'objet d'une section particulière du tableau. En effet, on peut les assimiler à la liste des déchets produits par les activités de gros oeuvre et de finition à l'exception de ceux constitués d'emballages et de peinture qui ne surviennent qu'à la phase de construction. Leur forme dépendra toutefois des techniques de démolition adoptées. On les retrouvera sous forme de gravats si une démolition traditionnelle



est effectuée tandis qu'on les retrouvera sous la forme d'éléments complets du bâtiment si la déconstruction est adoptée (Fortin, 2003; Poon, Yu et coll., 2004b).

### 1.2.3 Sources

Il convient maintenant d'étudier la source des types de déchets identifiés précédemment. Des observations de chantier ont permis d'identifier autant l'origine globale que la cause spécifique ayant généré les déchets (Bossink et coll., 1996; Coventry et Guthrie, 1998; Enshassi, 1996; McGrath, 2001; Poon, Yu et coll., 2004a; Urio et Brent, 2006). Le Tableau 1.2 regroupe les conclusions de ces travaux.

Tableau 1.2

Origines et causes des déchets de CRD

Origine	Causes spécifiques
<b>Design</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Changements de design;</li> <li>• Conception complexe;</li> <li>• Conception nécessitant plus de matériaux qu'il ne le faut;</li> <li>• Documents incomplets;</li> <li>• Erreurs aux plans;</li> <li>• Manque de coordination entre les dimensions standards des matériaux;</li> <li>• Manque de coordination entre les concepteurs de différentes disciplines;</li> <li>• Manque de connaissance des techniques de construction;</li> <li>• Mauvaise estimation des charges et des performances requises;</li> <li>• Prescriptions axées sur la composition au lieu de la performance;</li> <li>• Prescriptions réduisant les possibilités de recyclage;</li> <li>• Usage excessif d'ouvrage temporaire;</li> <li>• Utilisation des mauvais matériaux.</li> </ul>
<b>Commande des matériaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manque de procédures de livraison;</li> <li>• Commande en trop.</li> </ul>



Origine	Causes spécifiques
<b>Manipulation des éléments</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bris causé par la machinerie;</li> <li>• Bris causé par la livraison;</li> <li>• Entreposage inadéquat;</li> <li>• Manque d'instructions quant à la manipulation et l'entreposage.</li> </ul>
<b>Opérations et gestion en chantier</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accidents;</li> <li>• Apprentissage;</li> <li>• Endommagement des travaux par des entrepreneurs subséquents;</li> <li>• Informations arrivant tardivement;</li> <li>• Manque de gestion des déchets;</li> <li>• Mauvaise communication;</li> <li>• Méthodes de construction / démolition inappropriées;</li> <li>• Nettoyage du site;</li> <li>• Reprise et déplacement des travaux;</li> <li>• Utilisation excessive de matériaux;</li> <li>• Résidus de coupes;</li> <li>• Emballages.</li> </ul>
<b>Autres</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déchets produits par les bureaux de chantier;</li> <li>• Météo;</li> <li>• Vandalisme.</li> </ul>

Bien que plusieurs origines aient été définies par les observations de chantier afin de caractériser le plus fidèlement possible la provenance des déchets, on note que plusieurs causes, même si leur origine n'est pas la conception, ont pu être influencées par des éléments survenus en amont des travaux.

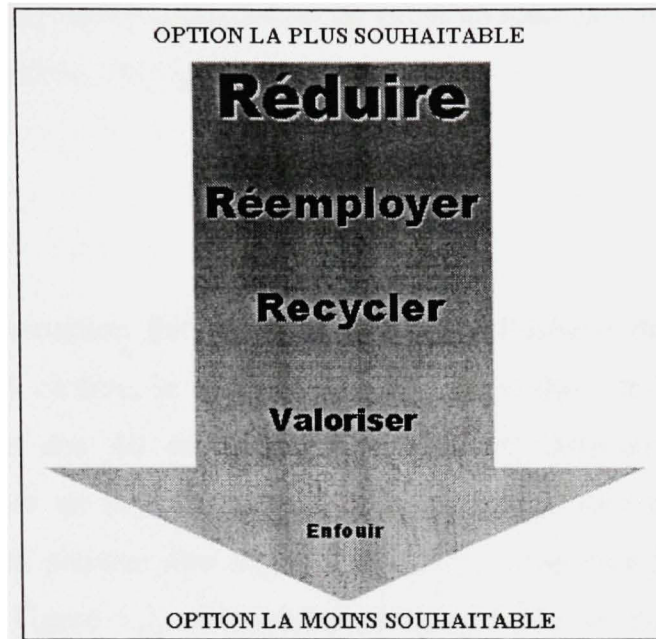
Pour les causes spécifiques ayant comme origine le design, le lien avec les actions survenant en amont des travaux est évident. Par exemple, des documents contractuels comportant des erreurs et des omissions peuvent mener à une reprise de travaux générant ainsi des déchets qui auraient pu être évités (Bossink et coll., 1996). De plus, des prescriptions restrictives sur la composition des matériaux au cours de la conception peuvent avoir un impact sur les opportunités de récupération en fin de vie du bâtiment (Coventry et coll., 1998). Une mauvaise connaissance des techniques de construction disponibles lors de la conception peut

faire en sorte que des ouvrages temporaires ayant pu être évités soient requis, générant ainsi des déchets supplémentaires en chantier (Coventry et coll., 1998).

Pour les déchets ayant une origine autre que la conception, on note que plusieurs causes pourraient possiblement être influencées par des éléments survenus en amont des travaux. Au niveau de la cause spécifique « commande en trop », le fait que des informations précises de la part des professionnels arrivent parfois tardivement en cours de travaux peut faire en sorte que les entrepreneurs doivent commander plus de matériaux que ce qui est requis afin de ne pas risquer de retarder le projet; ce surplus résultant en déchets (Poon, Yu et coll., 2004b). Ensuite, pour la cause « entreposage inadéquat » ayant comme origine la manipulation des éléments et résultant en perte de matériaux, elle peut aussi être associée à la conception. En effet, une meilleure communication entre les professionnels et les entrepreneurs en ce qui concerne les conditions d'entreposage de matériaux sensibles tendrait à résoudre ce problème (Enshassi, 1996). Quant à la cause « résidus de coupe » ayant comme origine les opérations en chantier, le fait de coordonner les dimensions de la conception aux dimensions standards des matériaux a un impact certain sur le nombre de coupes à faire (Bossink et coll., 1996). Enfin, la cause liée au manque de gestion pourrait possiblement être évitée par la rédaction de documents contractuels délimitant la gestion à pratiquer en chantier (Charlot-Valdieu, 1996). Néanmoins, les travaux de construction et la production de déchets sont indissociables, et ce, même s'il est plus facile d'agir pour tenter de les réduire lorsque les causes et origines sont connues. La section qui suit vise donc à exposer les possibilités de traitement des déchets une fois qu'ils sont générés.

#### **1.2.4 Opportunités de traitement**

Plusieurs choix s'offrent aux acteurs d'un projet afin d'éviter l'enfouissement des déchets. L'échelle 3R-V de la Figure 1.1 représente ces options. La plus souhaitable du point de vue environnemental se trouve au sommet de l'échelle.



**Figure 1.1 Échelle 3R-V.**  
*(Adapté de Dacorum borough council, 2005)*

L'action la plus souhaitable, la réduction, est celle qui permet de diminuer à la source la quantité de résidus générés à la suite de la fabrication, de la distribution et de l'utilisation d'un produit (Recyc-Québec, 1999). Dans le cas des déchets de CRD, cette réduction, à certains égards, peut être entreprise par les concepteurs comme la section précédente l'a suggéré. La deuxième option, le réemploi, consiste à utiliser de manière répétée un produit sans modification de son apparence ou de ses propriétés (Recyc-Québec, 1999). Un exemple pourrait être le réemploi des éléments d'une structure d'acier provenant d'un bâtiment démoli pour une nouvelle construction. Quant au recyclage, il consiste à intégrer une matière secondaire en remplacement d'une matière vierge au cours du processus de fabrication d'un matériau (Recyc-Québec, 1999). L'incorporation de briques concassées dans un remblai limitant l'extraction d'agrégats des carrières est un exemple. La dernière option avant l'enfouissement est la valorisation. Cette option se définit par la mise en valeur d'une matière résiduelle par d'autres moyens que le réemploi et le recyclage (Recyc-Québec, 1999). Pour le domaine des déchets de CRD, cette valorisation est généralement énergétique et est effectuée



par des procédés de combustion. Enfin, le terme récupération, fréquemment employé, indique la séparation des matières résiduelles en vue d'un réemploi, d'un recyclage ou d'une valorisation (Recyc-Québec, 1999).

### 1.2.5 Impacts

L'industrie de la construction fait très peu référence à l'échelle des 3R-V et elle tend à enfouir ses déchets. À ce titre, le cabinet conseil en développement durable « Utopies » la surnomme l'industrie des 40 parce qu'elle consomme approximativement 40 % des ressources utilisées par un pays et génère jusqu'à 40 % des déchets d'un pays (Utopies, 2007). Ces statistiques peuvent être expliquées par une utilisation linéaire des ressources. Comme l'indique la Figure 1.2, cette pratique implique que les ressources sont extraites, transformées et mise en œuvre dans un bâtiment utilisé durant plusieurs années pour qu'à la fin de sa vie utile, celui-ci soit démoli et que les matériaux le constituant soient enfouis sans tenter de leur donner une seconde vie.



**Figure 1.2 Mode d'utilisation linéaire des ressources.**  
(Adapté de Addis et Schouten, 2004)

Le fait d'extraire et d'enfouir de telles quantités de matériaux tout en sachant que notre environnement contient une quantité finie de ressources non renouvelables et une superficie exploitable déterminée n'est pas soutenable et cause nécessairement des impacts sur le territoire, les ressources et l'économie.

L'enfouissement de déchets pouvant encore être récupérés impose des pressions inutiles sur les sites d'enfouissement et consomme des territoires inutilement. Selon Wong et Yip (2004), les sites d'enfouissement de Hong Kong devraient être à pleine capacité autour de 2015 si le rythme actuel de génération de déchet se poursuit. Localement, des études menées par Recyc-Québec lors de consultations publiques (Bureau d'audiences publique sur l'environnement, 1997), montrent que la capacité des dépôts de matériaux secs (DMS) au Québec, là où sont enfouis la majorité des déchets de CRD, est de 42 millions de tonnes et qu'on y enfouissait près de 700 000 tonnes annuellement. Par un calcul conservateur et compte tenu du moratoire sur l'agrandissement et l'implantation de nouveaux DMS en vigueur depuis 1995 au Québec (L.R.Q chapitre Q-2 r.6.02, À jour au 30 avril 2008a), on peut présumer qu'ils atteindront leur capacité dans 50 ans. Par ailleurs, puisque les déchets de CRD ne se décomposent généralement pas, on les tient rarement responsables de pollution. Cependant, le bois et le gypse sont lixiviables. De plus, le bois produit aussi des biogaz et les déchets de démolition peuvent être contaminés (vernis, créosote, peinture, pentachlorophénol, etc.). Ces substances peuvent donc polluer les nappes souterraines (Recyc-Québec, 2006).

Du côté des ressources, l'extraction de matières premières non renouvelables tels le fer, la pierre et le pétrole (plastique) suivie d'une utilisation linéaire sans prévision minimale d'une seconde vie, induit une consommation inutile de ressources. À long terme, cette pratique pourrait causer une raréfaction de l'offre qui généralement se traduit par une forte hausse de prix.

Outre l'environnement immédiat, l'utilisation linéaire des matériaux de construction a aussi un impact sur l'économie de l'industrie. Selon la Fédération Française du Bâtiment (2003), le coût d'enfouissement des déchets de CRD de bâtiment en France s'élève à 2,54 milliards d'euros, soit environ 3,5 % du chiffre d'affaire du secteur. Toutefois, ce n'est que la pointe de l'iceberg puisque le coût généralement comptabilisé ne tient pas compte des pertes liées

au prix d'achat des matériaux jetés, au coût de transport lors de l'achat, au coût d'entreposage et aux opportunités de récupération ignorées (Coventry et coll., 1998). En effet, selon le Department for Environment, Food and Rural Affairs (2007), en Angleterre, le coût de location d'un conteneur ne représenterait que le 1/16 du coût réel des déchets et 80 % de ce coût proviendrait de la valeur des matériaux disposés.

### **1.2.6 Sommaire**

Cette sous-section a d'abord montré les caractéristiques des déchets de CRD issus du secteur du bâtiment. On note que plusieurs types de matériaux les composent et que de nombreuses causes en sont responsables, dont la conception. Par ailleurs, les options de récupération et de valorisation applicables, entre autres, aux déchets de CRD ainsi que les impacts environnementaux et économiques liés à l'approche linéaire traditionnellement employée par l'industrie de la construction ont ensuite été présentés. Il s'agit maintenant d'explorer comment les gouvernements s'y prennent pour améliorer les pratiques de gestion de l'industrie et de limiter les impacts néfastes.

## **1.3 Cadres de gestion**

Cette section trace un aperçu des cadres de gestion des déchets de CRD qui prévalent dans diverses régions. L'ampleur de la présence des déchets de construction est d'abord présentée et les moyens mis en œuvre par les gouvernements pour encadrer la gestion sont ensuite expliqués. Le cas de Hong Kong permettra d'étudier le cadre de gestion d'une région où l'enjeu de la gestion des déchets est important dû à la faible capacité des sites d'enfouissement. Le cas de la France permettra de viser un pays se préparant à respecter les normes européennes par l'imposition d'une réglementation pour ensuite le comparer au cas de l'Angleterre où des efforts coordonnés entre les gouvernements et des organismes spécialisés en construction sont effectués afin de minimiser les déchets de CRD. Enfin,



l'étude du cadre de gestion prévalant au Québec permettra de tracer un portrait de la situation locale.

### **1.3.1 Hong Kong**

En 1983, les déchets de CRD représentaient 18 % (Poon et coll., 1996) de tous les types de déchets enfouis à Hong Kong. Cette proportion a atteint 65 % en 1994-1995 (Stokoe, 1999 dans Ekanayake et coll., 2004).

Voulant freiner cet accroissement, les autorités de Hong Kong ont agi à 3 niveaux, soit sur la réglementation, la taxation et les normes de construction. En 1998, le gouvernement a émis une politique encourageant le tri des déchets faisant en sorte que les conteneurs renfermant plus de 20 % en volume ou 30 % en poids de matériaux inertes ne pouvaient plus être enfouis dans les sites d'enfouissements (Yu et coll., 2001). Au niveau de la taxation, le gouvernement a instauré des redevances à la décharge visant à couvrir une partie des frais occasionnés par le traitement de ces déchets, introduisant ainsi le principe de l'utilisateur-payeur (Wong et coll., 2004). Quant à l'aspect construction, l'emploi de matériaux granulaires recyclés dans les fondations routières et dans certains ouvrages en béton a été rendu possible par l'adoption de nouvelles normes (Wong et coll., 2004). L'implantation de ces mesures a contribué à ramener la proportion de déchets de CRD enfouis à 42 % en 2000 (Yu et coll., 2001). Rappelons toutefois que contrairement à la définition employée par cette étude, les statistiques de Hong Kong incluent les matériaux granulaires et la terre.

### **1.3.2 France**

En France, en 2004, les déchets du secteur du Bâtiment et Travaux Publics (BTP), incluant les matières granulaires, représentaient 40 % des déchets générés par le pays (ADEME,

2007). Le secteur du bâtiment y contribuait pour environ 45 % (Ministère de l'Équipement DDEA du Val d'Oise, 2005).

Membre de l'Union européenne, la France sera contrainte de récupérer 70 % des déchets de CRD d'ici 2020 (Euractiv.fr, 2007). Les mesures adoptées par la France pour s'y préparer passent par la réglementation et la participation volontaire de l'industrie aux efforts de réduction. Depuis 1995, tous les emballages de matériaux de construction (palettes, cartons, etc.) doivent être récupérés si leur production en chantier dépasse 1100 litres par semaine (environ 1m<sup>3</sup>) (Fédération Française du Bâtiment, 2003). De plus, seuls les déchets n'étant plus susceptibles d'être récupérés selon les technologies disponibles et les conditions du marché peuvent être enfouis (ADEME, 2001).

Du côté de l'approche volontaire, la circulaire GAYSSOT-VOYNET, en 2000, (Circulaire du 15 février, 2000) demandait aux autorités régionales d'initier la planification de la gestion des déchets de CRD pour aller au-delà de la réglementation en vigueur. Pour faire avancer la réflexion, de l'aide a été mise à disposition de l'industrie. Des guides touchant principalement le tri sélectif en chantier ont été distribués aux acteurs des projets (ADEME, 2001). De plus, un portail web accessible gratuitement et localisant les filières d'évacuation de divers types de matériaux de construction a été mis à la disposition des entrepreneurs (Fédération Française du Bâtiment, 2008).

### **1.3.3 Angleterre**

Du côté de l'Angleterre, les déchets de CRD représentent 19 % des déchets enfouis sur leur territoire (Environment Agency, 2008). Comme tous les pays européens, l'Angleterre sera régi par la réglementation visant la récupération de 70 % des déchets de CRD d'ici 2020 (Euractiv.fr, 2007). Par contre, la stratégie de gestion des déchets 2007 (Department for environment food and rural affairs, 2007) vise dépasser ce seuil, voire même éliminer tout



enfouissement de déchets de CRD. L'objectif intermédiaire de 2012 est de réduire de 50 % l'enfouissement. De plus, les projets publics veulent donner l'exemple en étant « déchets neutres », c'est-à-dire d'intégrer autant de matériaux récupérés au bâtiment qu'il y aura de matériaux destinés à l'enfouissement au cours du projet. Pour y arriver, le gouvernement agit au niveau de la taxation et travaille à instaurer une collaboration avec l'industrie.

Dès 1990, une taxe a été introduite sur les frais de décharge. Cette taxe est toujours en vigueur et sera augmentée substantiellement jusqu'en 2010-2011 afin de rendre moins attirant l'enfouissement des déchets (Department for environment food and rural affairs, 2007). Une autre taxe est prélevée sur l'achat de nouveaux agrégats, décourageant ainsi les entrepreneurs de s'approvisionner en ressources naturelles non renouvelables (Bonfield, 2004). Enfin, la stratégie de gestion des déchets 2007 prévoit rendre obligatoire la production de plans de gestion des déchets sur les chantiers pour les projets excédant une certaine valeur (Department for environment food and rural affairs, 2007).

En plus des mesures restrictives, plusieurs organismes ont été chargés d'aider l'industrie du bâtiment en publiant des guides, des procédures et des outils visant la gestion des déchets de CRD. Parmi ceux-ci, on retrouve le Construction Industry Research and Information Association (CIRIA) ayant publié des guides de conception traitant de la réduction et du recyclage des déchets de CRD (Coventry et coll., 1998) ainsi que des principes de la déconstruction (Addis et coll., 2004). On retrouve aussi le Building Research Establishment (BRE), un organisme à but non lucratif ayant comme mission de promouvoir la connaissance, l'innovation et la communication dans le domaine de l'environnement. Cet organisme propose un outil, le Site Methodology to Reduce, Audit and Target Waste (SMARTWaste), qui permet de mesurer et de qualifier les déchets produits au cours d'un projet (Building Research Establishment, 2006; 2007c). Enfin, le Waste & Ressource Action Program (WRAP) et le BRE, ont comme but de stimuler le marché des produits neufs à base

de matériaux recyclés par la création d'un portail web mettant en contact les centres de récupération et les fabricants de produits recyclés (Bonfield, 2004).

Les statistiques montrent que les dispositions prises par le gouvernement anglais portent fruit. En 2004, le volume de déchets de CRD générés était de 47,1 m<sup>3</sup> par tranche de 100 000 £ investis dans un projet de construction. Ce ratio, en 2007, avait été réduit à 39,1 m<sup>3</sup> (Constructing Excellence in the Built Environment, 2007).

#### **1.3.4 Québec**

Selon Recyc-Québec, en 2006, 34 % des déchets générés par les activités de la province provenaient de l'industrie de la construction. Une fois les activités de récupération comptabilisées, 22 % des déchets enfouis émanaient de cette industrie (Recyc-Québec, 2007a).

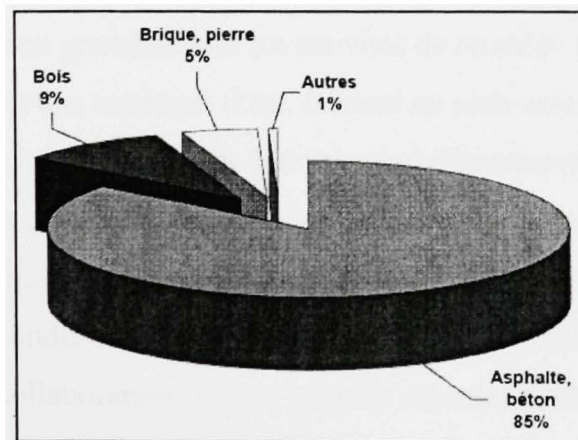
Pour encadrer la gestion de ces déchets, ainsi que les autres matières résiduelles de la province, la politique de gestion des matières résiduelles 1998-2008 a été mise sur pied (Développement durable Environnement et Parcs, 2002). Son objectif principal était de mettre en valeur le principe des 3R-V, soit la réduction, le réemploi, le recyclage et la valorisation. Un objectif non contraignant visant à récupérer 60 % des déchets de CRD a été émis. Pour l'atteindre, le gouvernement a agi sur le plan de la réglementation, des normes, de la taxation et de la sensibilisation de l'industrie.

Les mesures restrictives sont apparues avant même la publication de la politique, en 1995. À cette date, un moratoire sur l'agrandissement et la création des dépôts de matériaux secs (DMS), là où sont destinés la majorité des déchets de CRD, a été imposé afin de réduire l'offre liée à l'enfouissement (Québec (Province), À jour au 30 avril 2008a). Plus récemment,

en 2007, une redevance à l'élimination des déchets a été imposée, et ce, en plus du coût exigé par le propriétaire du DMS pour recevoir le chargement (Québec, 2007).

Pour ce qui est des mesures incitatives, le gouvernement a émis la norme NQ 2560-600/2002 permettant ainsi l'utilisation des résidus de béton, d'asphalte et de brique en tant que matériaux de remblai (Recyc-Québec, 2006). Enfin, l'organisme Recyc-Québec, bien qu'il ne soit pas spécialisé en construction, joue un rôle de sensibilisation. Des fiches d'informations sur les déchets de CRD (Recyc-Québec, 2006), des cas d'études de chantier de bâtiment où l'enjeu des déchets de CRD a été considéré et un répertoire de récupérateurs ont été publiés en ligne sur le site web de l'organisme (Desrochers, Lepage et coll., 2004; Fortin, 2003; Lepage et coll., 2003; Recyc-Québec, 2006; 2007b).

L'évolution de la situation montre qu'en 2000, le taux de récupération des déchets de CRD était de 43 % et qu'en 2006, il était passé à 69 %, dépassant ainsi la cible de 60 % (Recyc-Québec, 2007a). Toutefois, le détail des statistiques publiées apporte des bémols à ce constat global pour toute l'industrie. Comme le montre la Figure 1.3, les résidus de béton et d'asphalte représentent 85 % du recyclage des déchets de CRD.



**Figure 1.3 Répartition des déchets de CRD recyclés.**  
(Tiré de Recyc-Québec, 2006)



Le taux de récupération du bois, du gypse, de la laine minérale et d'autres types de déchets provenant du bâtiment demeure marginal. Ces matériaux sont principalement destinés à l'enfouissement, même s'ils sont recyclables à 70 % (Recyc-Québec, 1999; 2006). De plus, même si le taux de récupération augmente au fil des années, la vigueur de l'industrie de la construction fait en sorte que la quantité absolue de déchets de CRD enfouis s'est accrue de 30 % entre 2000 et 2004 (Recyc-Québec, 2007a).

### **1.3.5 Conclusion sur les cadres de gestion**

Quel que soit le pays étudié, on note qu'en dépit des mesures prises par les gouvernements, les déchets de CRD constituent toujours un flux de déchet majeur, et ce, malgré les activités de récupération effectuées. En Europe, les déchets de CRD enfouis représentent de 13 % à 30 % de l'enfouissement (Kwan et coll., 2001). Le Québec se situe aussi dans cette fourchette avec une proportion de 22 % (Recyc-Québec, 2007a).

Les actions des différents gouvernements pour encadrer la gestion de ce flux de déchet convergent sur certains aspects. Tous ont adapté leur réglementation afin de rendre plus difficile légalement et moins attrayante financièrement l'option de l'enfouissement. Les normes ont aussi été adaptées pour favoriser le recyclage et le réemploi. Toutefois, ces normes visent les matériaux granulaires et les activités de remblai. Ce faisant, elles favorisent le secteur du génie civil et des ouvrages d'art, laissant en plan celui du bâtiment. De plus, les normes agissent sur les niveaux inférieurs (recyclage et détournement de l'enfouissement) de l'échelle des 3R-V, laissant tomber les échelons ayant plus d'impact tels le réemploi et la réduction à la source. Enfin, bien que le Québec et la France aient amorcé une réflexion et une sensibilisation de l'industrie sur l'enjeu des déchets de CRD, seul le gouvernement anglais a instauré une collaboration directe avec le secteur du bâtiment en mandatant des organismes spécialisés pour intervenir sur la production des déchets en amont des travaux.



## **1.4 Bilan et problématique**

Cette section trace le portrait de la situation actuelle en matière de gestion des déchets de CRD des bâtiments pour ensuite y définir la problématique associée.

### **1.4.1 Bilan**

Jusqu'à maintenant, il a été exposé que les déchets de CRD de bâtiment étaient constitués de plusieurs types de matériaux. À la phase de construction, ils sont majoritairement générés lors des travaux de finition intérieure et extérieure. Globalement, les travaux de rénovation et démolition sont toutefois responsables d'une grande portion des déchets produits par le secteur. Il a aussi été montré que l'origine de ces déchets allait de la conception jusqu'aux travaux en chantier. Toutefois, les actions posées en amont des travaux semblaient influencer directement ou indirectement la production de déchets sur le cycle de vie du bâtiment. Quant aux mesures prises par les gouvernements pour encadrer la gestion des déchets de CRD, mises à part celles du Royaume-Uni, elles ne visent pas les échelons supérieurs de l'échelle des 3R-V. De plus, ces dispositions ne sont pas adaptées pour favoriser le secteur du bâtiment. Celui-ci poursuit donc l'enfouissement des déchets, contribuant ainsi à consommer argent, territoires et ressources inutilement.

### **1.4.2 Problématique**

Les objectifs de récupération émis par les gouvernements représentent un bon départ pour sensibiliser les décideurs et amorcer un virage dans le but d'améliorer la situation. Pour y parvenir, d'autres moyens devront toutefois être mis en œuvre et ceux-ci devront s'inspirer de la voie suivie par le Royaume-Uni en étant adaptés aux spécificités du secteur du bâtiment et intervenir avant les travaux. En ce sens, l'expérience dégagée de chantiers de démonstration et les conclusions d'études convergent sur le fait que le processus de gestion

des déchets de CRD, pour le secteur du bâtiment, doit être intégré en amont de la construction :

1. L'étude de cas visant le recyclage des déchets de construction d'un bâtiment institutionnel en Australie, mené par McDonald et Smithers (1998), indique que « [...] les futures stratégies de gestion des déchets de CRD devraient viser la conception et la spécification des matériaux »<sup>1</sup>.
2. Le rapport du CIRIA (Kwan et coll., 2001) portant sur le développement d'un outil visant à estimer et mesurer les déchets de CRD produits en chantier recommande que « [...] les efforts de réduction des déchets doivent être intégrés au début du projet afin d'être optimisés. »<sup>2</sup>
3. Le rapport de cas d'étude du projet de construction du magasin de détail Mountain Equipment Coop (Lepage et coll., 2003, p. 21) indique qu'une des lignes directrices établies afin de tenir compte des déchets de CRD a été de:
 

« [travailler avec] des professionnels sensibilisés aux enjeux environnementaux et aux stratégies à mettre en œuvre pour faciliter la gestion des déchets [et] de planifier les travaux en fonction d'une diminution optimale de la quantité de déchets à générer et à gérer sur le chantier [...] »

Le défi d'intégrer l'enjeu des déchets de CRD en amont des travaux est d'autant plus grand qu'un recensement des pratiques courantes des architectes en matière de réduction des

---

<sup>1</sup> Traduction libre de l'anglais

<sup>2</sup> Traduction libre de l'anglais

déchets au moment de la conception indique que cet enjeu ne fait pas partie des priorités actuelles et que ces tâches sont perçues comme des activités supplémentaires ne faisant pas partie intégrante du processus de conception (Osmani, Glass et coll., 2008). De plus, les connaissances acquises en matière de gestions des déchets de CRD par la majorité des répondants proviennent d'initiatives personnelles (Osmani et coll., 2008), ce qui indique que le niveau de compétence n'est pas uniforme pour l'industrie. **Dans ces conditions, le but de la recherche consiste à élaborer le concept et le prototype d'un outil guidant la conception et visant à réduire la production de déchets de CRD issus de la construction, de la rénovation et de la démolition des bâtiments. Plus spécifiquement le concept de l'outil, illustré par un prototype, vise à :**

- 1. Permettre de considérer l'enjeu des déchets de CRD sur le cycle de vie des bâtiments par des décisions prises en amont de la construction**
- 2. Guider les concepteurs sur l'enjeu de la gestion des déchets de CRD en accompagnant le processus d'élaboration d'un projet.**

Ainsi, la question de recherche à laquelle il est nécessaire de répondre pour atteindre le but de l'étude et les objectifs y étant associés se décompose en deux volets :

- 1. Quel contenu technique l'outil doit-il présenter pour permettre de réduire les déchets de CRD sur le cycle de vie d'un bâtiment?**

- 2. Quelle ergonomie<sup>3</sup> l'outil doit-il afficher afin de guider les concepteurs et leur permettre de considérer l'enjeu des déchets de CRD au cours de l'élaboration du projet?**

## **1.5 Conclusion**

Ce premier chapitre a permis de définir, de manière non exhaustive, les types, les origines et les causes faisant en sorte que des déchets sont produits par l'industrie du bâtiment. Il a été noté que les décisions en amont de la construction pouvaient influencer les déchets produits sur tout le cycle de vie du bâtiment. À l'aide de l'échelle de 3R-V, les options de traitement ont été qualifiées et les impacts des déchets de CRD sur la consommation de ressources, sur l'utilisation du territoire et sur l'économie ont été identifiés. L'étude des mesures prises pour contrer ces impacts a défini que l'industrie du bâtiment ne performe pas aussi bien que le secteur du génie civil en matière de récupération des déchets de CRD. Cette situation, mise en relief avec les spécificités de l'industrie du bâtiment, a amené à définir la problématique de recherche. Avant de poursuivre avec la recherche, il est nécessaire d'analyser ce qui a déjà été réalisé au chapitre des outils visant l'enjeu des déchets de CRD.

---

<sup>3</sup> Pour la présente recherche, le terme « ergonomie » réfère au contexte dans lequel est utilisé l'outil, aux interactions entre les usagers et l'outil ainsi qu'à ses fonctionnalités (voir CHAPITRE 2).



## **CHAPITRE 2**

### **CADRE DE RÉFÉRENCE**

#### **2.1 Introduction**

Avant de procéder à la revue des outils existants au CHAPITRE 3, ce chapitre a comme objectif de définir un cadre de référence qui structurera leur analyse.

D'abord, les différentes typologies identifiées dans la littérature et visant à caractériser des outils d'analyses environnementales sont exposées et analysées. Ces typologies sont ensuite adaptées au secteur du bâtiment pour former le cadre de référence qui sera retenu pour la suite de l'étude.

#### **2.2 Typologie des outils**

Le fonctionnement des outils intégrant l'enjeu des déchets de CRD variant largement, plusieurs facettes de ces outils doivent être analysées pour bien les comprendre. Pour ce faire, des auteurs ont apporté des critères permettant de les décrire. À ce titre, les typologies proposées par Cole (2005), Trusty (2005), Lützkendorf et Lorenz (2006) ainsi que Baumann et Cowell (1998) ont été retenues pour être analysées plus en profondeur et servir de base au développement du cadre de référence.

Les typologies de Cole (2005) et Trusty (2005) présentent l'avantage d'être spécifiques aux outils destinés au secteur bâtiment. Toutefois, elles contiennent peu de détail et se limitent à définir quelques types d'outils bien précis. Cole (2005) vise à différencier les méthodes d'évaluation des bâtiments menant à une certification environnementale des outils quantitatifs basés sur l'analyse du cycle de vie et Trusty (2005) permet de distinguer un troisième type d'outil prenant la forme de guides. Quant aux typologies de Lützkendorf et

Lorenz (2006) et de Baumann et Cowell (1998), elles mettent l'accent sur des caractéristiques faisant état de la mécanique de l'outil et des résultats fournis, apportant ainsi un niveau de détail plus élevé. Par contre, la typologie de Baumann et Cowell (1998) a été développée pour caractériser des approches d'évaluation environnementales plus globales que celles propres aux bâtiments. Le Tableau 2.1 montre la synthèse des critères utilisés par les auteurs pour caractériser les outils. Ces critères sont regroupés selon les trois aspects du cadre proposé par Baumann et Cowell (1998), soit la portée des outils, le contexte d'utilisation et les résultats obtenus. Les cases en gris pâle indiquent que la typologie de l'auteur en question ne vise pas ce critère.

Tableau 2.1

## Synthèse des typologies

	<b>Cole (2005)</b>	<b>Trusty (2005)</b>	<b>Lützkendorf et Lorenz (2006)</b>	<b>Baumann et Cowell (1998)</b>
<b>Portée</b>	But de l'outil	But de l'outil		But de l'outil
	Objet étudié	Objet étudié	Objet étudié	Objet étudié
			Dimension étudiée	Dimension étudiée
			Phase du cycle de vie étudiée	
<b>Contexte d'utilisation</b>		Phase où l'outil est utilisé		
	Présence d'une tierce partie			
				Utilité de l'outil
				Intervenants concernés
<b>Résultats</b>	Nature (qualitative / quantitative)	Nature (qualitative / quantitative)	Nature (qualitative / quantitative)	Nature de l'extrant
				Nature de l'intrant
			Perspective	Perspective
				Type d'approche de l'outil
				Limite temporelle
				Limite géographique
			Agrégation	Agrégation
				Référence utilisée pour calculer le résultat
				Présentation

Au niveau de la portée de l'outil, presque tous s'entendent sur le fait qu'elle doit être définie par son but et par l'objet étudié. Cet objet, défini de manière générale par Cole (2005) comme étant un bâtiment complet ou une composante du bâtiment, est précisé par l'identification de la dimension étudiée par l'outil qui peut être environnementale, économique ou sociale. De plus, Lützkendorf et Lorenz (2006) précisent la phase du cycle de vie de l'objet étudié.

Le contexte influençant l'utilisation de l'outil est défini sous plusieurs angles. On se rappelle que la typologie de Cole (2005) visait entre autres les méthodes d'évaluation menant à une reconnaissance externe du bâtiment, impliquant ainsi une tierce partie dans l'utilisation de l'outil au cours du projet. Ensuite, les critères visant la phase du projet où l'outil est utilisé et les intervenants concernés par son utilisation aident à cerner le contexte. Toutefois, aucune différence n'est possible entre les intervenants qui utilisent l'outil et ceux à qui les résultats sont destinés. Enfin, Baumann et Cowell (1998) notent l'utilité souhaitée par l'utilisation de l'outil. Sous cet aspect, le critère « Utilité » ne se limite donc pas nécessairement aux bénéfices obtenus faisant suite aux résultats fournis par l'outil, mais aussi au contexte entourant son utilisation, au niveau de l'équipe de projet par exemple.

Pour la caractérisation des résultats, on note que sa nature, qualitative ou quantitative, est un élément important que les quatre typologies considèrent. Toutefois, seuls les critères définis par Baumann et Cowell (1998) visent précisément les résultats fournis par l'outil. Ils sont ainsi définis par leur mode de présentation (graphique, rapport...) et par l'agglomération possible de plusieurs niveaux de résultats. Leur limite de validité, temporelle et géographique, est aussi précisée. Toutefois, la limite temporelle du résultat pourrait aussi être associée au critère de la phase du cycle de vie analysé, déjà défini sous l'aspect de la portée de l'outil par Lützkendorf et Lorenz (2006). Quant à la limite géographique, elle pourrait aussi être associée à l'aspect « Contexte ». Puisque les priorités peuvent être différentes entre divers pays, l'outil, avant même de produire des résultats, pourrait ne pas être adapté au contexte dans lequel on voudrait l'employer. De plus, le fait d'intégrer le type d'approche de



l'outil (procédurale, modélisation, etc.) ainsi que la nature de l'intrant sous l'aspect résultat apporte une certaine confusion. En effet, ces derniers critères pourraient faire l'objet d'un autre aspect portant plus spécifiquement sur le fonctionnement de l'outil et ses interactions avec les intervenants.

Parmi les typologies étudiées, celle élaborée par Baumann et Cowell (1998), bien qu'elle ne l'ait pas été expressément pour le secteur du bâtiment, est la plus complète, car elle considère 3 aspects importants de la mécanique d'un outil : la portée, le contexte et le fonctionnement. Toutefois, les critères apportés par Cole (2005), Trusty (2005) et Lützkendorf et Lorenz (2006) y sont complémentaires. Ceci étant considéré, en plus des bémols apportés lors de l'analyse précédente, il convient de recentrer et d'adapter le cadre de Baumann et Cowell (1998) au contexte du secteur du bâtiment et de définir notre propre cadre de référence.

## **2.3 Cadre de référence proposé**

Le cadre de référence proposé repose sur quatre aspects contenant 19 critères. Les trois aspects de Baumann et Cowell (1998) sont repris et un 4<sup>e</sup> est créé pour différencier le fonctionnement de l'outil des résultats fournis, comme il l'a été indiqué à la section 2.2. Le cadre permettant d'analyser la mécanique des outils est donc expliqué selon les aspects touchant sa portée, son contexte d'utilisation, son fonctionnement et les résultats fournis. Rappelons que ce cadre sera utile pour guider l'analyse des outils existants au chapitre suivant.

### **2.3.1 Portée**

Les critères de cet aspect identifient les limites de l'outil. Le Tableau 2.2 présente les critères individuellement ainsi que leur définition et des caractérisations possibles.



Tableau 2.2

## Cadre de référence – Portée

Critères	Définition	Caractérisations possibles
<b>Type d'outil</b>	<p>Ce critère représente une classification générale des outils</p> <p>Un guide est un document d'information proposant des solutions et stratégies, mais ne demandant pas d'intrants.</p> <p>Un outil de mesure prédit, calcule et/ou estime les impacts environnementaux, sociaux ou économique de l'objet analysé, permettant ainsi de produire des résultats quantitatifs (Cole, 2005). Par exemple, les outils d'étalonnage et d'analyse de cycle de vie en font partie.</p> <p>Un outil d'évaluation implique une procédure définie et des critères à évaluer (Cole, 2005).</p>	<p>Guide;</p> <p>Outil de mesure;</p> <p>Outil d'évaluation.</p>
<b>But</b>	Ce critère représente l'intention principale visée par l'utilisation de l'outil.	<p>Comparer;</p> <p>Estimer;</p> <p>Évaluer;</p> <p>Mesurer;</p> <p>Quantifier;</p> <p>Sensibiliser.</p>
<b>Objet</b>	Ce critère représente l'élément analysé par l'instrument.	<p>Bâtiment;</p> <p>Déchets de CRD;</p> <p>Fenestration;</p> <p>Autres.</p>
<b>Dimension</b>	Ce critère représente l'angle sous lequel l'objet est étudié par l'outil.	<p>Architecturale;</p> <p>Économique;</p> <p>Environnementale;</p> <p>Sociale;</p> <p>Structurale.</p>
<b>Phases analysées</b>	Ce critère indique les phases du cycle de vie de l'objet analysées par l'outil.	<p>Fabrication;</p> <p>Construction;</p> <p>Opération;</p> <p>Rénovation / Démolition.</p>

Pour ce qui est du critère « Type d'outil », la distinction que Cole (2005) fait entre les outils servant à mesurer les impacts et les outils présentant une procédure d'évaluation est

conservée. La notion de guide de travail apporté par Trusty (2005) et Baumann et Cowell (1998) est aussi conservée. Le critère « But » définit l'intention principale de l'outil. Ensuite, on retrouve les critères « Objet » et « Dimension », qui permettent respectivement de définir l'élément analysé par l'outil et sous quel angle il l'est (Baumann et coll., 1998; Lützkendorf et coll., 2006). Enfin, le critère « Phases du cycle de vie analysées » proposé par Lützkendorf et Lorenz (2006) se retrouve sous cet aspect et définit l'espace-temps du critère « Objet » tout en reprenant la limite temporelle définie par Baumann et Cowell (1998). Adapté au cycle de vie des bâtiments, les impacts causés par l'objet peuvent être analysés de sa fabrication jusqu'à sa démolition.

### 2.3.2 Contexte d'utilisation

Les critères contenus sous cet aspect cernent le contexte dans lequel est utilisé l'outil. Le Tableau 2.3 présente les critères en y ajoutant une définition et des caractérisations possibles liées au secteur du bâtiment.

Tableau 2.3

#### Cadre de référence – Contexte d'utilisation

Critères	Définition	Caractérisations possibles
<b>Porteur</b>	Ce critère indique l'intervenant qui prescrit et coordonne l'utilisation de l'outil au cours du projet.	Entrepreneur; Gouvernement; Professionnel; Propriétaire.
<b>Répondants</b>	Ce critère indique les intervenants du projet devant fournir les données requises au fonctionnement de l'outil.	Propriétaire; Professionnels; Entrepreneurs; Futurs utilisateurs du bâtiment

Critères	Définition	Caractérisations possibles
<b>Effets principaux</b>	Ce critère indique les bénéfices directs et indirects que procure l'utilisation de l'outil.	Aide à la décision; Caractérisation; Communication; Éducation; Jalonnement; Reconnaissance de l'industrie
<b>Phase d'utilisation</b>	Ce critère indique le moment, au cours du projet, où l'outil et ses résultats sont utilisés.	Planification; Fabrication; Conception préliminaire; Conception détaillée; Construction; Opération; Démolition.

Le critère référant aux intervenants de Baumann et Cowell (1998) est divisé en deux pour obtenir plus de précision sur ceux-ci. D'abord, le critère « Porteur » vise l'acteur qui gère l'outil ou qui impose son utilisation tandis que le critère « Répondant » définit les intervenants devant interagir avec l'outil. Les caractérisations possibles associées à ce critère proposent les principaux décideurs d'un projet de bâtiment. Ensuite, le critère « Phases d'utilisation » identifie à quel moment l'outil intervient dans le projet représentant ainsi les principales phases du cycle de vie d'un bâtiment. Enfin, l'ajout du critère « Effet », inspiré de l'utilité générale de la typologie de Baumann et Cowell (1998) permet de mieux cerner les bénéfices dont le projet pourrait profiter suite à l'utilisation de l'outil.

### 2.3.3 Fonctionnement

Cet aspect du cadre définit l'interaction de l'utilisateur avec l'outil ainsi que sa structure. Pour chaque critère identifié, le Tableau 2.4 propose une définition et des caractérisations possibles.



Tableau 2.4

## Cadre de référence – Fonctionnement

<b>Critères</b>	<b>Définition</b>	<b>Caractérisations possibles</b>
<b>Structure</b>	Ce critère définit les éléments sur lesquels repose l'outil.	Base de données; Concept; Critères. Modèle; Procédures.
<b>Aide à l'utilisateur</b>	Ce critère fait référence aux sections de l'outil visant à guider ou informer l'utilisateur au cours du processus d'utilisation.	Application informatique; Banque de stratégies; Définitions; Facilitateur externe; Informations générales; Instructions; Portail web.
<b>Type d'intrants</b>	Ce critère définit la nature de l'information à fournir pour utiliser l'outil. Il qualifie aussi la précision exigée.	Qualitatif; Quantitatif.
<b>Collecte des données</b>	<p>Ce critère définit la manière dont les données requises sont transmises à l'outil.</p> <p>Le terme « par discipline » indique que l'utilisation de l'instrument est segmentée en fonction des spécialités (architecture, structure, etc.) présentes dans le projet.</p> <p>Le terme « Atelier de travail » indique que plusieurs intervenants du projet se réunissent afin d'utiliser l'outil en même temps.</p>	Par discipline; Atelier de travail.
<b>Limite géographique</b>	Ce critère délimite le territoire où l'outil demeure valide	Pays; Régions.

D'abord, le critère « Type d'approche » de Baumann et Cowell (1998) est redéfini par le critère « Structure ». Celui-ci précise sur quoi l'outil repose, par exemple, des critères, un modèle informatique de l'objet ou une base de données. Ensuite, le critère « Aide à l'utilisateur », n'ayant pas été traité distinctivement dans les typologies étudiées, est ajouté au



cadre. Ce nouveau critère apporte des informations sur les éléments de l'outil visant à faciliter son utilisation. Il englobe la présence d'un facilitateur externe souligné par Cole (2005). Le critère « Type d'intrant » fournit quant à lui des informations sur la nature des données que les répondants doivent employer pour utiliser l'outil. Aussi absent des typologies étudiées, le critère « Collecte des données » est intégré à cet aspect et indique la manière dont les données sont transmises à l'outil. Enfin, le critère « Limite géographique » (Baumann et coll., 1998) est intégré à l'aspect contextuel afin de représenter les lieux de validités de l'outil par opposition à la validité des résultats telle que proposée par Baumann et Cowell (1998).

### 2.3.4 Résultats

Les critères de cet aspect caractérisent les résultats et leur mode d'obtention. Le Tableau 2.5 les présente individuellement à l'aide d'une définition en plus de suggérer des caractérisations possibles.

Tableau 2.5

#### Cadre de référence – Résultats

Critères	Définition	Caractérisations possibles
<b>Référence</b>	Ce critère identifie sur quoi se base l'outil afin de produire ses résultats.	Absolu; Base de données; Empirique; Énoncé; Label; Norme; Relatif ; Seuil de l'industrie; Seuil du projet.
<b>Perspective</b>	Ce critère indique la nature de la perspective des résultats fournis.  Récapitulatifs : événements terminés; Actuels : événements en cours de réalisation; Prédictifs : événements futurs.	Actuelle; Prédictive; Récapitulative.

Critères	Définition	Caractérisations possibles
Type de résultat	Ce critère définit la nature des résultats fournis par l'outil	Qualitatif; Quantitatif.
Calcul des résultats	Ce critère indique le type de pondération utilisé par l'outil afin de calculer les résultats.	Addition; Addition pondérée; Ratio.
Présentation	<p>Ce critère définit d'abord le niveau d'agrégation des résultats effectué par l'outil. Il indique aussi les supports utilisés pour présenter ces résultats.</p> <p>Une présentation globale indique que l'instrument agglomère plusieurs résultats détaillés afin d'en produire un seul.</p> <p>Une présentation des résultats par enjeu indique que l'outil permet une analyse détaillée de ceux-ci.</p>	Globale; Par enjeu; Graphes; Photos; Site web; Tableau.

On trouve d'abord le critère « Référence » indiquant si le résultat est absolu ou relatif. Dans le cas où il est relatif, le critère renseigne sur la référence utilisée par l'outil pour fournir un résultat. Le critère « Perspective » indique la nature de la perspective du résultat, à savoir s'il est récapitulatif, actuel ou prédictif (Baumann et coll., 1998). Enfin, les critères « Type de résultat », « Calcul » et « Présentation » (Baumann et coll., 1998) renseignent respectivement sur la nature des résultats, leur pondération ainsi que sur leur agglomération et les possibilités offertes par l'outil pour transmettre les résultats aux répondants et au porteur.

## 2.4 Conclusion

L'étude des typologies proposées dans la littérature a permis de constater qu'elles ne visaient pas tous les mêmes aspects de la mécanique des outils, mais qu'elles étaient complémentaires. S'inspirant de ces typologies, un cadre de référence adapté au secteur du bâtiment a été élaboré en quatre aspects. La portée définit les limites de l'outil. Le contexte d'utilisation cerne les éléments entourant l'emploi de l'outil. Le fonctionnement renseigne principalement sur l'interaction de l'outil avec l'utilisateur et l'aspect résultat indique le

cheminement qu'effectue l'outil pour les obtenir. Le cadre de référence étant formé, on peut maintenant exposer le potentiel des outils existants en matière de gestion des déchets de CRD.

## **CHAPITRE 3**

### **REVUE DES OUTILS EXISTANTS**

#### **3.1 Introduction**

Ce chapitre a comme objectif d'étudier les limitations et les opportunités qu'offrent les outils existants en matière de gestion et de réduction des déchets de CRD, et ce, afin d'approfondir la problématique de recherche. Pour ce faire, la revue des outils existants met l'accent sur le concept de l'étalonnage, l'analyse de cycle de vie, l'évaluation environnementale et architecturale des bâtiments ainsi que sur les outils et prototypes spécifiques à l'enjeu des déchets de CRD.

#### **3.2 L'étalonnage**

Cette section définit d'abord ce qu'est le concept d'étalonnage dans son ensemble. L'exemple du système d'étalonnage mis en place en Angleterre, les Key Performance Indicator (KPI), est ensuite présenté pour illustrer la manière dont la gestion des déchets de CRD est considérée avec ce type d'outil. Pour conclure la section, une analyse dégage les bénéfices et inconvénients qu'impliquent un tel type d'outil.

##### **3.2.1 Le concept**

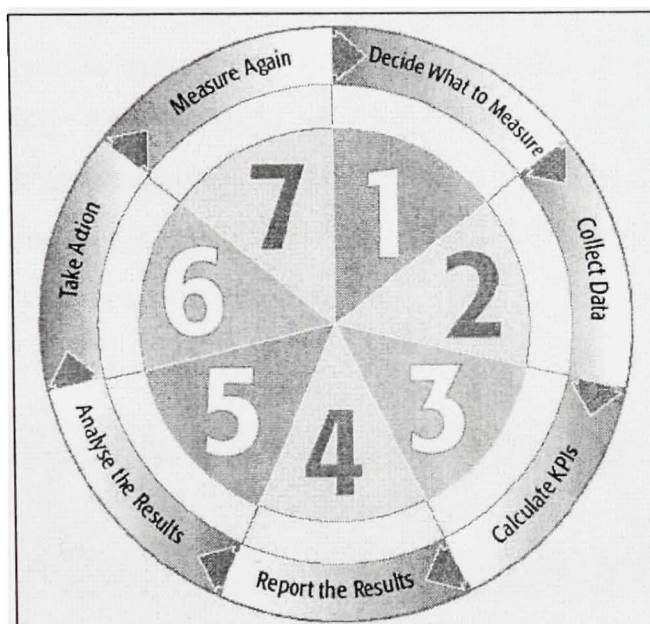
D'abord, l'Office de la langue française (2006) définit l'étalonnage comme étant :

« [...] une technique qui consiste, pour une entité, à comparer de façon dynamique la performance de ses propres [...] activités avec la performance correspondante d'autres entités [...], reconnue comme étant parmi les meilleures. »

Pour qu'une entreprise puisse comparer la performance de ses activités à celle des autres, tout un processus doit être accompli.



La Figure 3.4 illustre ces étapes de manière cyclique où (1) la performance et les activités à mesurer sont ciblées pour ensuite (2) procéder à la collecte de données. Ce après quoi (3) les données sont transformées en indicateurs pouvant être (4) présentés et (5) comparés à un niveau inter-entreprise pour (6) identifier les écarts à combler en termes de performance et poser des actions visant à s'améliorer. Une seconde ronde de collecte de données démontre le caractère dynamique du concept d'étalonnage (7).

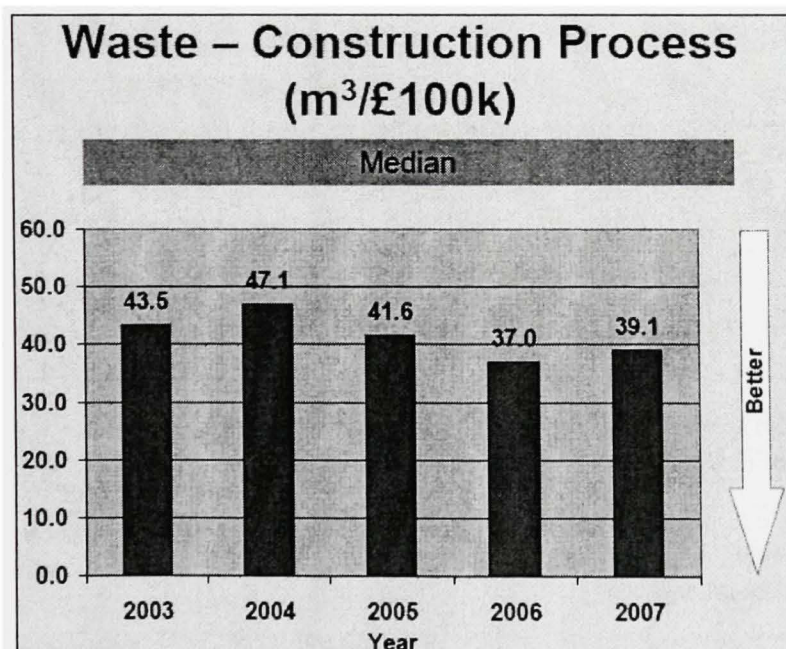


**Figure 3.1 Schéma du processus d'étalonnage.**  
(Tiré de Construction Products Association, 2005)

Le processus de la Figure 3.1 décrit ci-dessus est aussi celui suivi par le Key Performance Indicator (KPI) en Angleterre. Ils ont été mis en place en 1998 dans un souci d'améliorer la qualité et la rentabilité de l'industrie de la construction et ils contiennent un éventail d'indicateurs de performance adapté à cette industrie (KPI Working Group, 2000). On se référera à l'outil KPI pour la suite de la section afin de déterminer ce qu'un tel outil offre en matière de gestion des déchets de CRD.

### 3.2.2 Applicabilité aux déchets de CRD

Parmi les KPI employés par l'industrie, quelques-uns ciblent l'enjeu des déchets de CRD (étape 1 - Figure 3.1). Ils mesurent la production de déchets de CRD à la phase de construction ainsi que le taux de récupération atteint lors de diverses activités de fabrication des matériaux (Constructing Excellence in the Built Environment, 2007; Construction Products Association, 2005). La collecte des données est assurée par les entrepreneurs et les fabricants de matériaux (étape 2 -Figure 3.1). Ces données sont quantitatives et la saisie de celles-ci est facilitée par la présence d'un portail web géré par le porteur de l'outil, l'organisme Constructing Excellence of the Built Environment (CIBE) (Constructing Excellence in the Built Environment, 2007). Aux fins de comparaison avec l'industrie, le portail transforme les données brutes en ratio (étapes 3 et 4 -Figure 3.1) et les présente sous forme graphique comme le montre la Figure 3.2.



**Figure 3.2 Indicateur sur les déchets produits à la phase de construction.**  
(Tiré de *Constructing Excellence in the Built Environment*, 2007)

### 3.2.3 Bénéfices & inconvénients

Les possibilités offertes par les KPI en matière de gestion des déchets de CRD ayant été établi, le Tableau 3.1 montre les principaux bénéfices et les inconvénients de ce type d'outil en s'appuyant sur les critères du cadre de référence défini à la section 2.3. Ce tableau constitue un résumé des caractéristiques les plus significatives présentées en détail à l'ANNEXE I.

Tableau 3.1

Outil d'étalonnage (KPI) – Bénéfices & Inconvénients

	Critère	Bénéfices	Inconvénients
Portée	Objet		Les cibles ne tiennent pas compte du type et des origines des déchets de CRD.
Contexte d'utilisation	Porteur	Définition de cibles uniformes pour l'industrie.	
	Effets	Étalonnage de l'industrie; Aide au processus d'amélioration des pratiques.	
Fonctionnement	Aide à l'utilisateur	Portail web facilitant la saisie des données.	
	Limite géographique		Validité des indicateurs limitée au contexte de l'industrie britannique.
Résultats	Perspective		Résultats récapitulatifs disponibles une fois les activités terminées.
	Présentation	Portail web permettant de constituer des rapports en ligne propre à l'entreprise.	



La présence d'un porteur comme le CIBE, qui dirige l'utilisation de l'outil, représente un avantage. En proposant un cadre de mesure uniforme amenant à la comparaison inter-entreprise (Constructing Excellence in the Built Environment, 2007), il rend possible l'étalonnage des pratiques en matière de gestion des déchets de CRD. Ces références permettent ensuite aux entreprises d'identifier certaines faiblesses par rapport à la moyenne de l'industrie. Ces KPI servent en quelque sorte de tableau de bord lors du processus décisionnel visant à effectuer le suivi et à améliorer les activités de gestion des déchets de CRD. Quant au fonctionnement de l'outil, le portail web aussi géré par le CIBE permet aux entreprises participant au programme de mesure d'avoir accès à des rapports de performance en ligne, ce qui facilite la diffusion des résultats et rend les KPI plus accessibles (Constructing Excellence in the Built Environment, 2007). Certains éléments limitent toutefois ce qui peut être accompli avec les KPI en matière de gestion des déchets de CRD

La première limitation concerne la portée des KPI propres aux déchets de CRD qui fait en sorte que le portrait de l'industrie pour cet enjeu est très peu détaillé. En effet, ces KPI mesurent une quantité de déchets ou un taux de récupération sans égard aux types de travaux et aux types de matériaux. En ayant peu de détail, l'identification des activités devant être améliorées devient moins précise et il est plus difficile d'agir à la source en vue de futurs projets.

La seconde limitation concerne les résultats récapitulatifs qui sont offerts une fois les activités ciblées terminées. De tels résultats ne permettent pas d'agir pendant les activités qui génèrent les déchets. C'est bien sûr une première étape pour progresser puisqu'il faut d'abord se mesurer pour se comparer et s'améliorer, mais ce ne sont pas les KPI qui facilitent directement l'amélioration de la situation en matière de réduction des déchets de CRD. Ils permettent un constat et un suivi statistique, ce qui n'est pas mauvais en soi, mais d'autres éléments de solution sont requis pour progresser comme le montre l'étape 6 du processus de la Figure 3.1.



### **3.2.4 Conclusion sur l'étalonnage**

Cette section a exposé que le concept d'étalonnage était un processus itératif alliant la mesure de la performance, l'identification des activités à améliorer et la prise d'action. Le modèle de l'étalonnage des KPI a été étudié par rapport à ce qu'il offrait en matière de gestion des déchets de CRD. Il a été noté que le fait d'obtenir des statistiques faisant office de référence au sein de l'industrie en matière de gestion des déchets de CRD était un facteur intéressant pour permettre aux entreprises de se comparer et amorcer le processus d'amélioration. On parle d'amorcer le processus seulement parce que ces statistiques à elles seules ne permettent pas d'améliorer les pratiques. D'abord, les indicateurs en place dans le modèle des KPI n'offrent pas un niveau de détail assez élevé sur la composition des déchets. Ensuite, les résultats surviennent une fois que les activités ayant généré les déchets sont terminées, ne permettant pas d'intervenir lorsqu'ils sont produits.

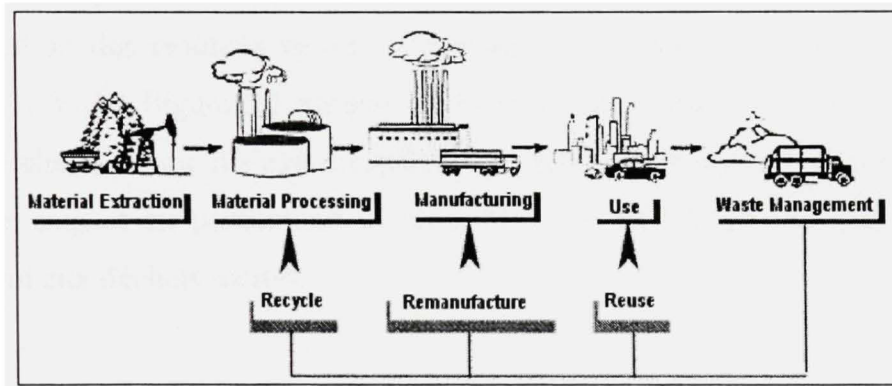
N'enlevant rien au concept de l'étalonnage en tant qu'outil accompagnant le processus d'amélioration continue de l'ensemble des activités d'une industrie, un tel outil ne peut être considéré comme étant la seule solution pour arriver à réduire les déchets de CRD à la source. D'autres types d'outils intervenant plus tôt dans le processus d'élaboration d'un projet devraient être utilisés en complémentarité de l'étalonnage.

## **3.3 L'analyse de cycle de vie des bâtiments**

Cette section situe d'abord l'analyse de cycle de vie (ACV) dans le contexte de normalisation auquel il est rattaché. L'étude des outils d'ACV propres aux bâtiments montre ensuite comment l'ACV intègre l'enjeu des déchets de CRD à la phase de la conception. Par la suite, les forces et les faiblesses de ce type d'outil en regard de cet enjeu sont identifiées.

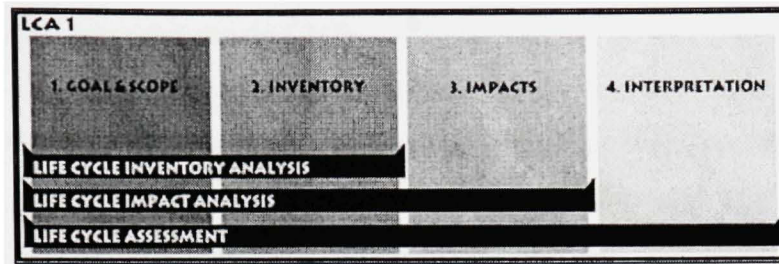
### 3.3.1 Le concept

On peut définir l'ACV par l'étude des impacts environnementaux d'un système considérant l'ensemble des activités associées à un produit depuis l'extraction des matières premières jusqu'à l'élimination des déchets (Peuportier, 2003 dans; Rivard, 2007). En identifiant le « système » comme étant un bâtiment, la Figure 3.3 montre les différentes phases où les impacts environnementaux, découlant principalement de la demande en énergie et des déchets produits, sont étudiés.



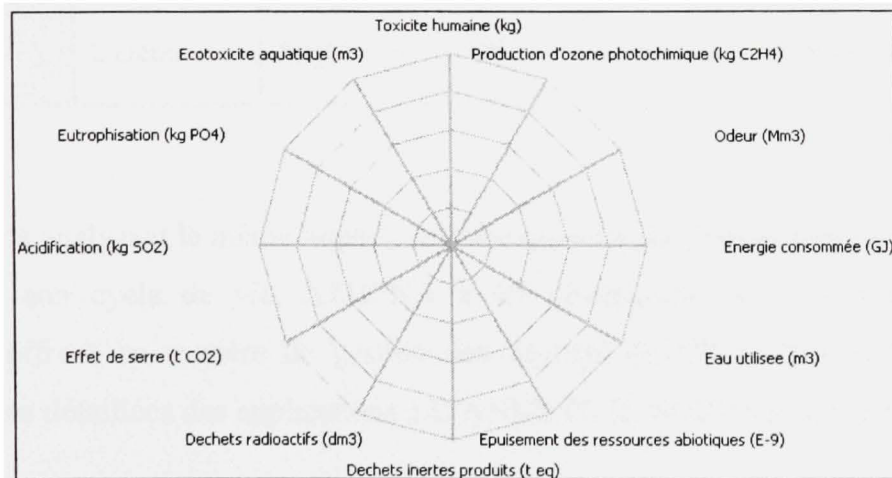
**Figure 3.3 Cycle de vie d'un produit.**  
(Tiré de Carnegie Melon University, 2003)

Cette approche est régie par une normalisation internationale. La norme ISO 14040 définit le cadre, les principes et les exigences générales d'une ACV (Marsmann, 2000) alors que la norme ISO 14044 vise le processus à suivre pour mener à terme une telle analyse (Canada Mortgage and Housing Corporation, 2004d). Ce processus, montré à la Figure 3.4, débute par la définition des objectifs et des limites de l'analyse en matière de temps, d'espaces et d'impacts considérés (Peuportier, 2003 dans; Rivard, 2007).



**Figure 3.4 Processus de l'analyse de cycle de vie.**  
*(Tiré de Canada Mortgage and Housing Corporation, 2004d)*

Viennent ensuite l'analyse des flux de matériaux et d'énergie sur le cycle de vie puis l'évaluation des impacts sur l'environnement engendrés par ces flux. L'ACV se conclut par une interprétation des résultats visant à diminuer les impacts de l'objet analysé dans les limites de l'ACV. La Figure 3.5 montre un exemple des impacts pouvant être considérés. Pour la recherche en cours, il s'agit d'expliquer ce qu'une telle méthode d'analyse offre pour considérer un impact en particulier : la production de déchets de CRD, que l'on associe principalement aux déchets inertes.



**Figure 3.5 Impacts pouvant être considérés  
 par l'analyse de cycle de vie.**  
*(Tiré de École des Mines de Paris, 2003)*

### 3.3.2 Applicabilité aux déchets de CRD

La réalisation d'une ACV sans support informatique étant fastidieuse, des applications ayant les normes ISO 14040 et 14044 comme fondement et s'adressant aux bâtiments, ont été développées. Le Tableau 3.2 présente les applications étudiées et leur capacité à analyser les déchets de CRD.

Tableau 3.2

Synthèse des outils d'analyse de cycle de vie étudiés

	Version	Pays	Organisme porteur	Applicabilité aux déchets de CRD
<b>ATHENA<sup>4</sup></b>	3.0.2 Démo	Canada / États-Unis	ASMI	Émission de déchets solides (t)
<b>Envest<sup>5</sup></b>	2 Démo	Angleterre	BRE	Émission de déchets solides (t)

Les deux outils analysant le même impact, soit une quantité de déchets solides produits par le bâtiment sur son cycle de vie, ATHENA a été sélectionné pour illustrer ce que ces applications offrent en matière de gestion des déchets de CRD. Comme le montre les caractéristiques détaillées des applications à L'ANNEXE II, ATHENA apparaît comme étant

---

<sup>4</sup> (Athena Sustainable Materials Institute, 2007)

<sup>5</sup> (Building Research Establishment, 2007; 2007a)



le plus complet et le plus transparent dans son fonctionnement. En effet, ATHENA permet de distinguer les déchets de CRD par types de matériaux les composant. L'application associe aussi ces déchets à différents travaux ainsi qu'aux phases du cycle de vie d'un bâtiment. À l'inverse, Envest ne produit qu'un seul résultat aggloméré sous l'étiquette « déchets solides ». De plus, ATHENA s'applique au contexte canadien alors qu'il est en mesure de modéliser 1000 différents assemblages de bâtiments représentant près de 95 % des bâtiments en Amérique du Nord (Athena Sustainable Materials Institute, 2007).

L'étape 1 du processus de l'ACV, soit l'identification des limites de l'étude, est définie par défaut par l'application employée. Dans le cas d'ATHENA, la quantité de déchets solides produits par le bâtiment sur son cycle de vie est considérée. La Figure 3.6, montrant les déchets produits sur le cycle de vie d'un immeuble en béton, indique que ATHENA considère les déchets solides qui proviennent du bois, du béton et de l'acier. Les autres déchets comptabilisés étant de sources industrielles

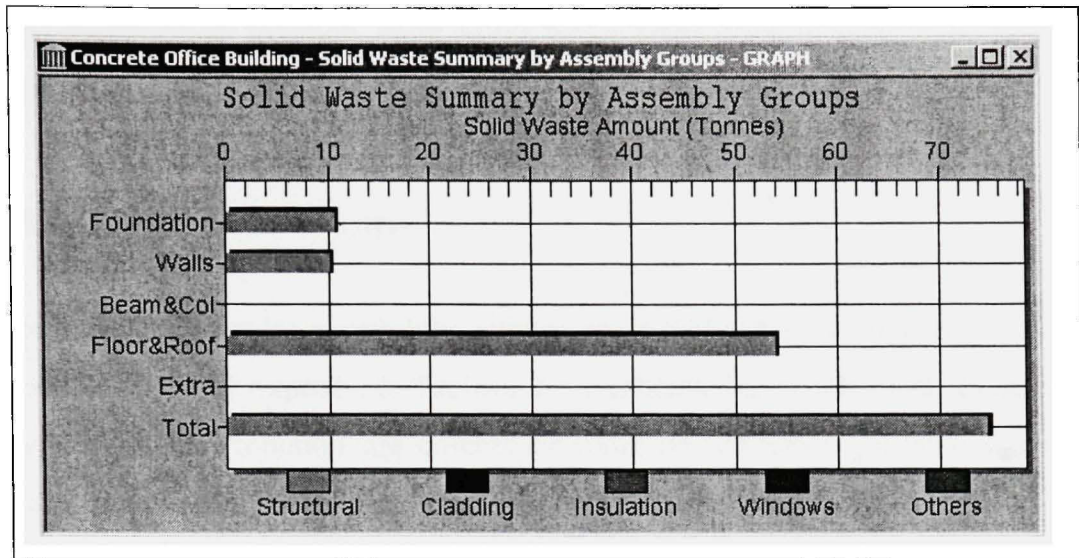


**Légende :**

WFiber : Fibre de bois;  
 CSW : Déchets de béton;  
 BFS : Laitier;  
 BOF: Escarbille (Blast Furnace Dust);  
 SSteel: Déchets d'acier ;  
 O&M : Operation et maintenance

**Figure 3.6 Déchets de CRD d'un  
 immeuble en béton-Types de déchets.**  
*(Tiré de Athena Sustainable Materials Institute, 2007)*

Quant aux éléments du bâtiment considérés dans le calcul des déchets produits, la Figure 3.7 montre que ATHENA vise les éléments de la structure et de l'enveloppe.



**Figure 3.7 Déchets de CRD d'un immeuble en béton-Éléments du bâtiment.**  
*(Tiré de Athena Sustainable Materials Institute, 2007)*

La seconde étape de l'ACV, soit l'inventaire, est assistée par l'outil informatique et nécessite la participation des professionnels chargés de la conception du bâtiment. À cette étape, ATHENA exige la modélisation du bâtiment. L'interface graphique de l'outil assiste la modélisation, mais des données colligées provenant de la conception de plusieurs disciplines et allant des dimensions du bâtiment à la composition de l'enveloppe sont requises pour obtenir un modèle représentatif.

La troisième étape du processus, soit l'évaluation des impacts, est gérée par la base de données du logiciel qui associe les choix de conception spécifiés dans le modèle aux impacts qu'ils causent, dont la quantité de déchets solides générés. ATHENA fournit alors des résultats quantitatifs (Figure 3.6 et Figure 3.7) qui prédisent la quantité de déchets issus des phases de construction, d'opération et de démolition. Pour son calcul, l'outil s'appuie sur des facteurs de pertes de matériaux à la phase de construction et ne considère que les matières non recyclables pour définir les déchets issus de la démolition du bâtiment (OECD, 2004). Pour la dernière étape de l'analyse, il revient aux concepteurs d'analyser les résultats et les

choix de conception en fonction, entre autres, des déchets produits pour tenter de les réduire au minimum.

### 3.3.3 Bénéfices & inconvénients

Le concept de l'ACV et les possibilités offertes par ATHENA pour considérer cet enjeu dès la conception ayant été exposés, le Tableau 3.3 synthétise les bénéfices et les inconvénients de ce type d'outil en fonction des critères du cadre de référence. Ce tableau constitue un résumé des caractéristiques les plus significatives présentées en détail à l'ANNEXE II.

Tableau 3.3

Analyse de cycle de vie (ATHENA) – Bénéfices & Inconvénients

	Critère	Bénéfices	Inconvénients
Portée	Objet		Seuls les déchets de bois, béton et acier sont considérés; Seules la structure et l'enveloppe du bâtiment sont considérées.
	Phase analysée	Analyse du cycle de vie complet.	
Contexte d'utilisation	Effets	Guide les décisions menant à minimiser les déchets.	
	Phases d'utilisation		Intervention possible seulement qu'en conception détaillée.
Fonctionnement	Structure		La base de données peut limiter l'innovation.
	Aide à l'utilisateur	L'interface graphique facilite la modélisation.	



	Critère	Bénéfices	Inconvénients
	Type d'intrants		Exige des intrants détaillés pour la précision des valeurs obtenues.
Résultats	Calcul		Manque de transparence de l'outil pour le calcul des quantités de déchets produits à toutes les phases.

Le critère le plus intéressant de l'ACV vient du fait que les déchets produits sur tout le cycle de vie du bâtiment sont considérés. De telles informations disponibles dès la conception peuvent être utiles pour guider les concepteurs vers des choix pouvant limiter les déchets. Par contre, bien que les outils étudiés possèdent une interface graphique et une base de données facilitant l'ACV, plusieurs limitations importantes font en sorte que ce type d'outil n'est pas adapté pour traiter spécifiquement des déchets de CRD.

La première limitation identifiée se situe au niveau de la portée de l'analyse. En comparant ce qu'offre ATHENA par rapport à la liste des types de déchets de CRD établie à la section 1.2.2, on s'aperçoit que cet outil en étudie que très peu et qu'il ne considère pas les activités critiques en chantier. En effet, ATHENA ne considère que le bois, le béton et l'acier. De plus, la finition intérieure, faisant partie des activités de chantier produisant la majorité des déchets de construction, n'est pas considérée par ATHENA. La Figure 3.6 et la Figure 3.7 permettent de confirmer cette lacune puisque, selon ATHENA, 100 % des déchets générés par le bâtiment au cours de la construction proviennent des travaux de structure alors qu'il a été observé que ces travaux n'en produisent qu'environ 20 % (Lepage et coll., 2003).

La seconde limitation est associée au contexte dans lequel est employé l'outil. Nonobstant, que les résultats fournis par l'outil soient incomplets comme l'a identifié la première limitation, on ne peut tirer des bénéfices de ceux-ci avant que la conception ne soit assez

avancée puisqu'une modélisation précise du bâtiment est demandée. De plus, comme le souligne Peuportier (2003), l'ACV demeure un outil comparatif ne prétendant pas définir en absolu les impacts environnementaux chiffrés puisque remonter la chaîne des impacts de l'extraction des matières premières jusqu'à l'enfouissement est une tâche quasi impossible. À ce titre, la comparaison de différentes options de conception pour orienter les choix vers une production minimale de déchets est donc lourde et survient relativement tard dans le processus de design, alors que les changements d'orientation sont de plus en plus lourds de conséquences.

La troisième limitation vise sa structure. Sans une base de données quantifiant les déchets produits et les autres impacts environnementaux des choix de conception, l'ACV d'un bâtiment devient fastidieuse. À ce titre, elle est utile. Toutefois, en cours de conception, la recherche de solution visant à minimiser les déchets de CRD est limitée à des assemblages contenus dans cette base de données. Bien que détaillés pour les pratiques actuelles, les choix des concepteurs doivent s'y retrouver sans quoi les résultats sont biaisés. L'analyse des bâtiments à caractère innovant est donc restreinte.

La quatrième limitation concerne le manque de transparence de l'outil. Bien que ATHENA soit la plus transparente des applications répertoriées, l'utilisateur ne peut savoir comment l'outil en arrive à définir la quantité de déchets associés au cycle de vie du bâtiment. Le calcul des déchets produits à la phase de construction n'indique pas comment le résultat est obtenu, ni la valeur des facteurs de perte considérée pour les différents matériaux. À la phase de démolition, la quantité de déchets nulle montrée à la Figure 3.7 n'est pas réaliste. Il en est ainsi parce que ATHENA considère tout matériau recyclable comme étant recyclé en fin de vie (OECD, 2004).

### **3.3.4 Conclusion sur l'analyse de cycle de vie**

Cette section a permis d'exposer que l'ACV d'un bâtiment consiste à évaluer les impacts environnementaux causés de sa fabrication jusqu'à sa démolition. Un des outils basés sur ce principe, ATHENA, a été étudié pour montrer spécifiquement les opportunités offertes pour considérer l'enjeu des déchets de CRD.

Il a été noté que ce type d'analyse présentait l'avantage d'intervenir dès la conception, ce qui permettait aux concepteurs d'orienter leur choix pour réduire les déchets sur un horizon relativement long. Toutefois, la portée limitée de l'outil étudié faisait en sorte que la valeur des résultats obtenus n'allait pas de pair avec les efforts à investir dans la modélisation détaillée du bâtiment. Enfin, bien que cet outil intervienne en conception, toujours en raison du niveau de détail du modèle à produire, les résultats étaient disponibles tard dans le processus.

L'ACV peut être utile pour comparer les impacts environnementaux globaux de différents bâtiments à l'étape de la conception. Toutefois, il est difficile d'analyser individuellement l'impact lié aux déchets solides et d'en arriver à améliorer la conception en ce sens. Néanmoins, l'approche du cycle de vie est importante et devrait être considérée dans toutes décisions de conception. À ce titre, le prochain type d'outil étudié préconise cette approche sans présenter une structure rigide comme le concept de l'ACV fondé sur les normes ISO.

## **3.4 Les outils d'évaluation des bâtiments**

Cette section indique d'abord en quoi consiste l'évaluation environnementale et architecturale des bâtiments. La place accordée à l'enjeu des déchets de CRD et la manière dont cet enjeu est considéré par les outils d'évaluation sont ensuite expliquées, ce qui mènera à exposer les bénéfices et les inconvénients apportés par leur emploi.



### 3.4.1 Le concept

Qu'ils visent la qualité architecturale ou environnementale d'un bâtiment, les outils d'évaluation sont principalement composés de critères évaluant leur construction et leur opération à partir des détails de la conception et de certaines actions en construction. Visant à évaluer la qualité environnementale ou architecturale du bâtiment, certains de ces outils mènent à une certification délivrée par un organisme externe à l'équipe de conception et du propriétaire. Au Canada, l'outil d'évaluation environnementale employé pour les nouveaux bâtiments est principalement le Leadership in Energy and Environmental Design – New Construction (LEED-NC) et l'organisme responsable de la certification est le Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDCa). Pour recevoir un des niveaux de certification, le bâtiment est évalué selon cinq enjeux, soit l'aménagement écologique du site, la gestion efficace de l'eau, l'énergie et l'atmosphère, les matériaux et ressources ainsi que la qualité des environnements intérieurs (CBDCa, 2004). L'enjeu des déchets de CRD intervient sous la catégorie « matériaux et ressources ». Toutefois, chaque pays ayant des priorités distinctes en termes de qualité environnementale et architecturale, des outils adaptés à ces préoccupations locales sont apparus sur le marché dans la dernière décennie. Le Tableau 3.4 expose les outils d'évaluation qui ont été considérés par cette étude et porte une attention particulière à leur aptitude à évaluer la production de déchets de CRD provenant du bâtiment.



Tableau 3.4

## Synthèse des outils d'évaluation étudiés

	Année	Pays	Organisme porteur	Dimensions évaluées	Critères totaux	Critères - Déchets de CRD	Certification
<b>SBTool<sup>6</sup></b>	1996 / 2002	International	Ressources Naturelles Canada / iiSBE	Environnementale Sociale Économique	145	9	Non
<b>HQE<sup>7</sup></b>	2001	France	Certivea	Environnementale	±100	5	Oui
<b>CASBEE<sup>8</sup></b>	2001	Japon	JSBC	Environnementale	±120	5	Oui
<b>DQI<sup>9</sup></b>	2002	Angleterre	CIC	Architecturale	96	5	Non
<b>NEAT<sup>10</sup></b>	2002	Angleterre	NHS	Environnementale / Bâtiments du secteur de la santé	112	2	Non
<b>LEED-NC<sup>11</sup></b>	2004	Canada	CBDCa	Environnementale	77	8	Oui

---

<sup>6</sup> (iiSBE, 2008; Larsson, 2006)

<sup>7</sup> (Certivea, 2006; HQE Association, 2001; 2002)

<sup>8</sup> (Japan Sustainable Building Consortium, 2004)

<sup>9</sup> (Construction Industry Council, 2005; 2007)

<sup>10</sup> (Department of Health, 2002; NHS Estates, 2003)

<sup>11</sup> (CBDCa, 2004)

Notons que les outils étudiés ne représentent pas une liste exhaustive des outils disponibles, mais plutôt un échantillon représentatif des systèmes d'évaluation et de leurs différentes caractéristiques en ce qui a trait aux possibilités qu'ils offrent en matière de gestion de déchets de CRD. Quel que soit le système d'évaluation étudié, la proportion de critères se rattachant directement ou indirectement à la gestion des déchets de CRD indique que cet enjeu ne représente qu'un des nombreux enjeux considérés par ce type d'outil. Considérant ceci, voyons maintenant plus précisément ce qu'offre ce type d'outil en matière de gestion des déchets, et ce, autant par leur ergonomie que par les critères évalués.

### 3.4.2 Applicabilité aux déchets de CRD

Bien que les outils étudiés proposent tous des critères ayant un lien direct ou indirect avec la production de déchets issue d'un bâtiment, ils évaluent l'enjeu à des phases différentes de son cycle de vie. Le

Tableau 3.5 montre à quelles phases du cycle de vie l'évaluation proposée se concentre en indiquant le nombre de critères visant chacune de ces phases.

Tableau 3.5

Critères visant les déchets de CRD à différentes phases du cycle de vie

	SBTool	HQE	CASBEE	DQI	NEAT	LEED-NC
<b>Réalisation</b>	3	3	0	0	1	2
<b>Opération</b>	6	1	2	4	0	1
<b>Démolition – Directement liée</b>	4	1	1	1	0	0
<b>Démolition – Indirectement liée</b>	2	0	2	0	1	5

Au moment de la réalisation du projet, les outils d'évaluation visent à évaluer le taux de détournement des déchets des sites d'enfouissement suite à des activités de récupération en chantier. Quant à l'évaluation des déchets qui seront produits par d'éventuels travaux de rénovation en cours d'opération du bâtiment, elle est assimilée à la sélection de matériaux durables minimisant les besoins de remplacement. Sans adresser directement l'enjeu des déchets, SBTool, CASBEE et DQI évaluent aussi l'adaptabilité des fonctions du bâtiment qui tend à minimiser les travaux de rénovation produisant des déchets de CRD. Quant à ceux qui seront produits à la démolition du bâtiment, ils sont directement évalués par les outils qui considèrent les possibilités de déconstruction du bâtiment tel SBTool. L'aspect est aussi évalué de manière indirecte par des critères considérant les matériaux provenant de la démolition d'autres bâtiments et réintégrés dans celui faisant l'objet de l'évaluation. Par ailleurs, seul SBTool considère la réduction à la source, ayant ainsi une influence sur tout le cycle de vie du bâtiment. Pour ce faire, deux critères portent sur l'usage minimal de matériaux influençant à la fois les déchets produits en construction puisqu'il y a moins de matériaux à mettre en œuvre et ceux issus de la démolition parce que le bâtiment en contient moins. Ceci explique que la somme des critères du Tableau 3.4 ne correspond pas au nombre de critères du

Tableau 3.5 puisque ceux-ci visent plus d'une phase du cycle de vie du bâtiment. Considérant le nombre de critères se rattachant à l'enjeu des déchets de CRD et la portée de ceux-ci, c'est donc SBTool qui offre le plus de possibilités en évaluant directement les trois phases du cycle de vie en plus de viser la réduction à la source. Le principal champ d'action des autres outils d'évaluation concerne principalement le détournement des déchets issus du chantier et la réintégration de matériaux de démolition.

Selon l'outil employé, l'évaluation des critères spécifiques aux déchets de CRD requiert des données qualitatives ou quantitatives. Les deux outils disponibles au Canada, LEED et SBTool, sont majoritairement quantitatifs alors que les autres offrent plus d'espace à l'évaluation qualitative en matière de déchets de CRD. Les outils proposent aussi différentes



formes d'aide aux utilisateurs pour répondre aux différents critères établis. D'abord, tous les systèmes d'évaluation définissent minimalement les critères concernant l'enjeu des déchets de CRD alors que HQE et LEED-NC proposent des stratégies de conception pour orienter le travail des concepteurs.

En ce qui a trait au calcul des résultats de l'évaluation, les niveaux de succès des critères spécifiques aux déchets de CRD, qu'ils soient quantitatifs ou qualitatifs, sont établis par l'organisme porteur de l'outil et sont uniformes pour l'industrie. La performance de la conception est donc évaluée en fonction de ce seuil défini empiriquement. LEED et NEAT indiquent des valeurs cibles devant être atteintes pour que le critère obtienne la mention succès, alors que les autres outils évaluent le critère en fonction d'une échelle de performance à plusieurs niveaux. Bien que des données quantitatives puissent être requises pour évaluer la conception sur la base des déchets de CRD, le type de résultat fourni par les outils d'évaluation est qualitatif et indique une appréciation globale de la qualité environnementale ou architecturale du bâtiment.

### **3.4.3 Bénéfices & inconvénients**

Maintenant que la place qu'occupe l'enjeu des déchets de CRD dans les méthodes d'évaluation a été définie, le Tableau 3.6 montre les principaux bénéfices et les inconvénients d'employer ce type d'outil pour considérer cet enjeu. Ce tableau constitue un résumé des caractéristiques les plus significatives présentées en détail à l'ANNEXE III.



Tableau 3.6

## Outils d'évaluation - Bénéfices &amp; Inconvénients

	Critère	Bénéfices	Inconvénients
<b>Portée</b>	<b>Objet</b>	Tous les types de déchets sont considérés au moment de la construction.	Les critères touchant directement ou indirectement les déchets de CRD sont dilués au travers des autres.
	<b>Phase analysée</b>		Seul SBTool couvre toutes les phases du cycle de vie du bâtiment.
<b>Contexte d'utilisation</b>	<b>Porteur</b>	Les organismes responsables des outils apportent une reconnaissance à leur utilisation.	
	<b>Effets</b>	Permet d'adopter un langage commun; Permet d'établir des lignes directrices.	
	<b>Phases d'utilisation</b>		La conception doit être avancée pour que l'évaluation soit possible.
<b>Fonctionnement</b>	<b>Structure</b>	Les critères d'évaluation sont préétablis.	
	<b>Aide à l'utilisateur</b>	Les outils suggèrent des stratégies (LEED et HQE).	
	<b>Limite géographique</b>		Seuls LEED et SBTool sont applicables au Canada.

Au niveau du contexte, les outils d'évaluation ont l'avantage d'être portés par des organismes spécialisés dans le domaine de la construction durable. Ceux-ci sont responsables de la mise en marché, du suivi de l'évolution de l'outil et du processus de certification lorsqu'il y en a un. La volonté d'obtenir une reconnaissance ou une certification provenant généralement du propriétaire du bâtiment, l'emploi de ce type d'outil le force à s'engager, ce qui lance un message aux professionnels comme quoi les enjeux devront être respectés. À ce titre,

l'emploi d'un tel outil permet d'établir un langage commun tôt dans le projet (HQE Association, 2006). Au niveau du fonctionnement, le fait d'avoir des critères prédéfinis sur le thème des déchets de CRD, accompagné de stratégies pouvant être mises en œuvre, oriente aussi le travail des professionnels. Toutefois, certains facteurs font en sorte que leur réelle utilité dans le cadre de la gestion des déchets est limitée.

La première limitation réside dans la portée de ces outils. Conçus pour évaluer la qualité globale d'un bâtiment, les critères propres aux déchets de CRD se fondent à l'évaluation, rendant l'enjeu difficile à cibler. Bien que ces outils considèrent tous les types de déchets définis par l'étude, il demeure que l'accent est mis sur les déchets produits en chantier et que ces critères visent le bas de l'échelle des 3R-V en évaluant un taux de détournement des sites d'enfouissement. Pour les autres critères concernant les déchets qui seront produits aux phases de l'opération et de la démolition future du bâtiment, ils prennent très peu d'espace dans l'évaluation globale. À ce titre, SBTool et CASBEE sont ceux qui possèdent le plus de critères touchant directement l'enjeu des déchets de CRD sur plus d'une phase du cycle de vie du même bâtiment. Toutefois, pour des raisons de contexte et de fonctionnement expliqué ci-dessous, ce sont les moins accessibles.

La deuxième limitation se situe au plan du fonctionnement de ces outils. Sans présenter une structure aussi lourde que les applications d'ACV, l'évaluation des critères spécifiques aux déchets de CRD ne peut débuter avant que la conception n'ait atteint un certain degré d'avancement afin d'avoir des plans et des spécifications à évaluer. Ce fait est plus fort pour SBTool qui, bien qu'il fût le plus complet en matière de gestion de déchets de CRD, ne permet que des évaluations en fin de conception en raison de son caractère quantitatif.

Enfin, les outils touchant le plus spécifiquement l'enjeu des déchets de CRD ne sont pas tous disponibles au Canada. CASBEE n'est pas utilisé ici et SBTool, bien que disponible, ne fait pas office d'outil de référence commercialement, étant dépassé par LEED-NC.

#### **3.4.4 Conclusion sur les outils d'évaluation**

Cette section a d'abord exposé le concept de l'évaluation des bâtiments qui consiste à déterminer la qualité architecturale ou environnementale globale d'un bâtiment sur la base de différents critères d'évaluation applicables à la conception et à la construction du bâtiment.

Il a ensuite été montré que l'enjeu des déchets de CRD faisait partie des éléments évalués par ce type d'outil, mais qu'il était dilué au travers des nombreux critères présents. Une fois les critères propres aux déchets de CRD isolés, il a été noté que les outils mettaient l'accent sur le détournement des déchets au moment de la construction et sur la réintégration de matériaux récupérés. Toutefois, SBTool était celui qui en offrait le plus en visant toutes les phases du cycle de vie du bâtiment évalué. Bien qu'il soit disponible au Canada, cet outil, par son caractère quantitatif, limitait son accessibilité et intervenait alors que la conception avait atteint un certain niveau de détail. Néanmoins, il a été indiqué que le contexte dans lequel ce type d'outil était utilisé pouvait apporter des bénéfices à l'équipe de conception en les sensibilisant à cet enjeu et en offrant quelques lignes directrices.

Ce type d'outil, jusqu'à maintenant, semble être le plus accessible et celui offrant le plus d'opportunités aux concepteurs. Des caractéristiques associées au contexte entourant leur utilisation et leur fonctionnement montrent des avantages dont pourraient possiblement tirer profit les professionnels du bâtiment pour intégrer l'enjeu des déchets de CRD tôt dans le processus de conception. Toutefois, comme dans les cas du concept de l'étalonnage et de l'ACV, des limitations ont été observées quant à la portée de ces outils pour considérer



l'enjeu des déchets de CRD. La section qui suit se concentrera alors sur des outils dont la portée est spécifique à l'enjeu des déchets de CRD.

### **3.5 Outils spécifiques à l'enjeu des déchets de CRD**

Les outils propres à l'enjeu des déchets de CRD préconisent diverses approches, dont certaines, tel l'étalonnage, l'ACV et l'évaluation des bâtiments, ont déjà été expliquées dans les sections précédentes. Une autre approche, sous la forme de guide de conception, est aussi proposée dans la gamme d'outils recensés. Ces outils se distinguent aussi par la phase du cycle de vie visée. On débutera donc par présenter la portée et l'ergonomie des outils visant les déchets de démolition et on poursuivra avec les outils se concentrant sur les déchets issus des activités de construction. Ceci permettra de conclure, en se référant aux caractéristiques du cadre de référence, sur les bénéfices et inconvénients des outils spécifiques aux déchets de CRD.

#### **3.5.1 Outils visant la phase de démolition**

Les outils visant la démolition des bâtiments présentent l'avantage d'influencer la phase causant la majorité des déchets de CRD. L'approche proposée varie toutefois grandement parmi les outils répertoriés. Certains agissent à la source, soit au moment de la conception, alors que d'autres interviennent à la fin de l'opération du bâtiment, tout juste avant sa démolition. L'ANNEXE IV présente en détail l'ergonomie des outils visant cette phase.

##### **3.5.1.1 Guide de conception pour la déconstruction**

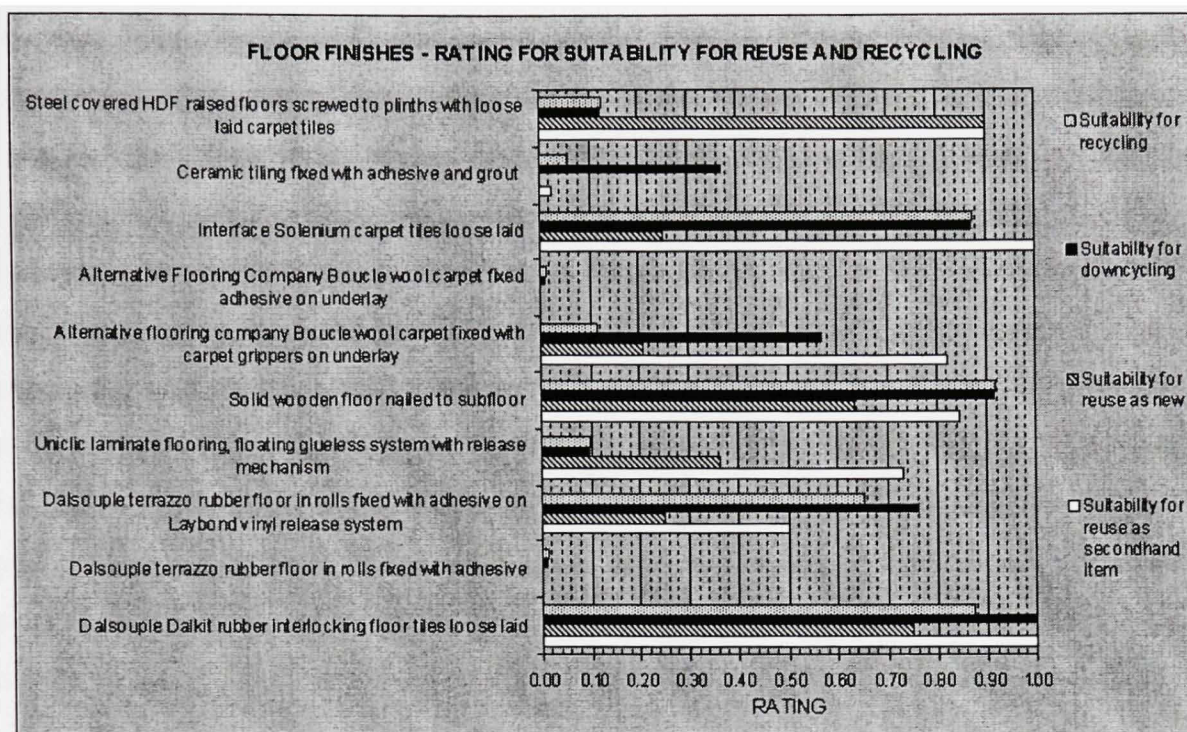
Le guide « Design for deconstruction » publié par le CIRIA en Angleterre fait partie des outils visant à minimiser les déchets de démolition (Addis et coll., 2004). Il s'adresse aux concepteurs désirant faciliter et optimiser le démontage ultérieur des bâtiments en prenant des mesures à cet effet dès la conception. Il contient des stratégies de conception visant à



faciliter le réemploi ou le recyclage des assemblages du bâtiment à la fin de sa vie utile tout en maximisant leur valeur. Le guide présente aussi plusieurs cas d'étude sommaires où les principes de conception pour la déconstruction ont été mis en œuvre. En plus d'influencer le choix des concepteurs, l'utilisation d'un tel guide à la phase de conception les sensibilise sur le cycle de vie des matériaux et sur la responsabilité des acteurs de la construction quant à la génération de déchets. Ce guide intègre aussi l'évaluation développée par Sassi (2002) portant sur le potentiel de récupération des assemblages de bâtiment. Cet outil est présenté à la sous-section suivante.

### **3.5.1.2 Évaluation du potentiel de récupération d'un bâtiment**

L'évaluation développée par Sassi (2002) à l'université de Nottingham fait aussi partie des outils intervenant dès la conception. Cet outil indique aux concepteurs le potentiel de récupération de divers assemblages typique d'un bâtiment, tels les murs extérieurs, les finis de plancher, les finis muraux et les systèmes de toitures. Ces éléments ont été évalués par Sassi (2002) en fonction de leur potentiel à être réemployés comme neuf, réemployés en seconde main, recyclés pour le même usage ou recyclés pour un usage autre que celui pour lequel ils étaient originellement conçus. Pour établir ces potentiels qui prennent la forme d'une cote qualitative allant de 0 à 1 où 1 est le plus favorable, des critères mécaniques, d'esthétisme, de durabilité, de toxicité et de séparabilité des assemblages ont été considérés. La Figure 3.8 montre un exemple des différentes cotes établies pour les finis de plancher.



**Figure 3.8 Potentiel de déconstruction de divers finis de plancher.**  
(Tiré de Sassi, 2002)

Il est toutefois difficile, voire impossible pour les concepteurs de reprendre le processus d'évaluation de l'auteur et d'établir de nouvelles cotes pour d'autres types d'assemblages. En ce sens, l'outil agit plutôt en tant que guide pour comparer les assemblages existants et orienter les décisions au moment de la conception en sensibilisant les concepteurs quant aux possibilités offertes en fin de cycle de vie.

### 3.5.1.3 Analyse de cycle de vie des opérations de démolition

Quant à la gestion des déchets issus de la démolition des bâtiments existants, Sara et coll. (2001) proposent un outil basé sur l'ACV. C'est toutefois un ACV partiel, car l'analyse débute avec les opérations de démolition jusqu'au traitement final des déchets. Cet outil analyse les activités liées à la réutilisation, au recyclage et à l'enfouissement des déchets

provenant de la démolition d'un bâtiment. L'outil repose sur des bases de données quantifiant les impacts dus aux techniques de démolition, à l'extraction des matériaux, au traitement des déchets et au transport de ceux-ci. Pour obtenir des résultats, des intrants portant sur la quantité de matériaux démolis, la destination des matières résiduelles, les délais de démolition, les conditions de transport et les techniques de démolition employées sont requis. Les impacts des différentes options de démolition et de traitement des déchets sont alors chiffrés par la consommation d'énergie (J), la production de gaz à effet de serre (kg), la production de gaz acides (kg), la quantité de déchets produits (kg) et par l'extraction de ressources (t). De tels résultats auront comme effet d'aider à prendre des décisions quant à la gestion à faire en chantier et aux techniques de démolition à adopter afin de minimiser les impacts. Les utilisateurs visés par cet outil sont donc les entrepreneurs en démolition ou encore les professionnels préparant les documents contractuels d'un projet impliquant de telles activités.

### **3.5.2 Outils visant la phase de construction**

Les outils se concentrant sur les déchets issus de la construction des bâtiments visent soit la réduction à la source en intervenant en conception, soit l'optimisation de la gestion en intervenant tout juste avant la réalisation ou en cours de travaux. L'ANNEXE V montre en détail l'ergonomie des outils visant cette phase.

#### **3.5.2.1 Building Waste Assessment Score**

Le Building Waste Assessment Score (BWAS) a été développé à l'Université Nationale de Singapour par Ekanayake et Ofori (2004). Il intervient au moment de la conception pour tenter de réduire les déchets de CRD à la source en identifiant le potentiel de production de déchets issue de la construction d'un bâtiment. L'outil évalue les choix des concepteurs en fonction des systèmes structuraux, des murs, des éléments de finition, des éléments de



plafond ainsi que de la toiture. L'évaluation permise par BWAS est similaire à celle proposée par Sassi (2002) qui intervenait au moment de la démolition puisque le potentiel de production de déchet de divers assemblages a déjà été calculé par Ekanayake et Ofori (2004) comme le montre la Figure 3.9. Ce potentiel a été défini à partir des résultats d'un sondage auprès d'experts de l'industrie à Singapour. Une cote qualitative de 0 à 1 identifie l'influence des systèmes sur la production de déchets au moment de la construction où la cote de 0 minimise cette production. Les concepteurs se servent donc de l'outil pour guider leur choix vers des systèmes constructifs susceptibles de générer moins de déchets au moment de la construction. Toutefois, les choix sont limités aux assemblages analysés par Ekanayake et Ofori (2004).

Floor finishes system	BWAS waste index (Wi)
Granite tiled finish	1.000
Ceramic tiled finish	0.966
Terrazzo tiled finish	0.966
Terrazzo finish	0.924
Raise floor	0.779
Epoxy coating finish	0.759
Carpet finish	0.738

**Figure 3.9 Potentiel de production de déchets des finis de plancher.**

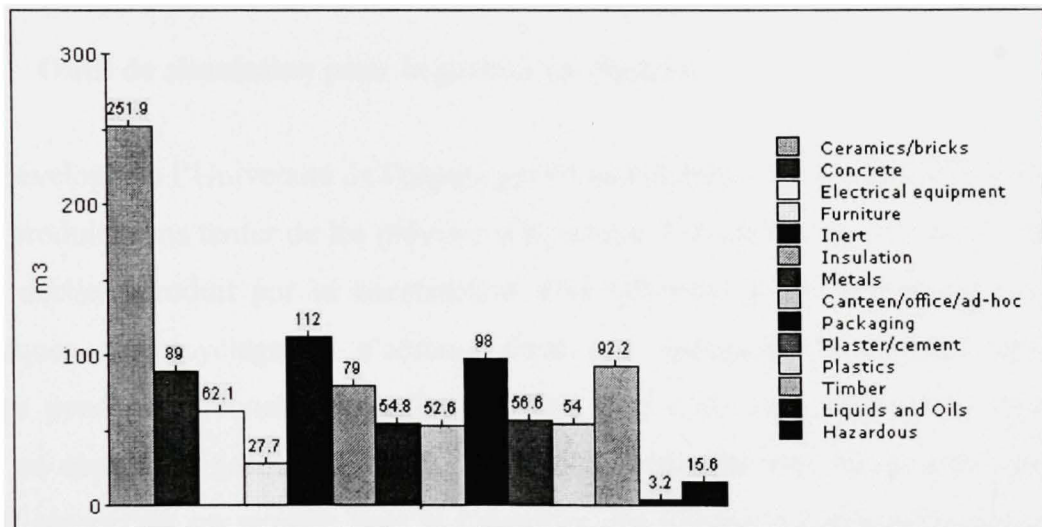
*(Tiré de Ekanayake et coll., 2004)*

### 3.5.2.2 SMARTWaste

SMARTWaste (Site Methodology to Reduce and Target Waste) intervient en cours de construction, mais aussi en conception. C'est un outil basé sur le modèle de l'étalonnage tel qu'on l'a défini avec les KPI à la section 3.2. Il a été développé par le BRE (Building Research Establishment) au Royaume-Uni (McGrath, 2001). Le but de cet outil est de permettre l'acquisition des données pertinentes à l'identification du potentiel de minimisation des déchets de CRD produit au cours de la réalisation d'un projet. Plus spécifiquement,



l'outil vise à mesurer ou identifier le type et la quantité de déchets ainsi que la cause en jeu (Building Research Establishment, 2006). L'outil s'adresse donc aux entrepreneurs ou aux propriétaires de bâtiment soucieux d'analyser les flux de déchets en chantier. L'appareil utilisé pour faire l'acquisition des données impose une procédure permettant d'uniformiser les mesures prises en chantier. La présence d'un employé à temps plein sur le chantier pour inventorier les déchets dans les conteneurs est donc requise (McGrath, 2001). Une fois les données brutes recueillies, un site web géré par le BRE permet de les traiter et de générer des rapports en ligne comme le montre les Figure 3.10 et Figure 3.11.



**Figure 3.10 Rapport typique de SMARTWaste – Quantité vs Type de déchets.**  
(Tiré de Building Research Establishment, 2006)

Cause	Volume (m³)	Percentage
Disposal	0 0	0%
Methods of work	657 1	58%
Miscellaneous	79 4	7%
Packaging	340 1	30%
Project Design	0 1	0%
Project Management	47 4	4%
Recycling	0 0	0%
Reuse	0 0	0%
Uncoded	0 6	0%

**Figure 3.11 Rapport typique de SMARTWaste – Quantité vs Causes des déchets.**  
(Tiré de Building Research Establishment, 2006)

Au même titre que les KPI étudiés précédemment, mais ayant une portée spécifique aux déchets de CRD, SMARTWaste permet de quantifier les flux de déchets en chantier pour ensuite analyser ces mesures, identifier les faiblesses des activités et intervenir pour améliorer les pratiques au cours des projets futurs. À ce titre, les données historiques peuvent aussi être étudiées durant la phase de conception de projets similaires afin de planifier la gestion des déchets, même si ce n'est pas l'effet principal souhaité par SMARTWaste. Enfin, la communication entre les différents intervenants d'un projet peut aussi être améliorée, car le portail web, comme on l'a vu, permet de générer des rapports sur les matières résiduelles.

### **3.5.2.3 Outil de simulation pour la gestion en chantier**

L'outil développé à l'Université de Calgary par Chandrakanthi et coll. (2002) vise à gérer les déchets produits sans tenter de les prévenir à la source. Cet outil a comme but de simuler le flux de déchets produit par la construction d'un bâtiment et de déterminer les impacts économiques du recyclage. Il s'adresse donc aux entrepreneurs désirant pratiquer le recyclage pendant la construction. Il peut aussi être utile aux concepteurs soucieux de prendre en compte la gestion des déchets lors de la rédaction des documents contractuels. Cet outil repose sur un modèle liant le calendrier des travaux à l'utilisation des matériaux afin de prévoir chronologiquement la production de déchets et les équipements requis à leur gestion. Pour faire fonctionner l'outil, des données visant la durée des activités, les quantités de matériaux utilisés, les facteurs de pertes, les coûts de transports des matières résiduelles vers les différentes filières, ainsi que des données financières sur les filières de tri et leur équipement sont requises. La collecte des données doit être effectuée par un spécialiste de la construction et une interface graphique facilite la saisie. Le fait de procéder à une telle simulation avant le début des travaux permet d'identifier des informations techniques et financières afin de prévoir le plan de gestion à effectuer en chantier. À ce titre, la simulation indique le nombre de conteneurs requis en fonction des travaux, l'espace nécessaire à la gestion visée pour la durée du projet et le bilan financier entre les revenus de recyclage et les coûts d'enfouissement.

### 3.5.3 Conclusion sur les outils spécifiques à l'enjeu des déchets de CRD

La portée et l'ergonomie des divers outils spécifiques à l'enjeu des déchets de CRD ayant été exposées, le Tableau 3.7 fait ressortir les principaux bénéfices et inconvénients de ces outils par rapport aux aspects du cadre de référence. Ce tableau constitue un résumé des caractéristiques les plus significatives présentées en détail aux ANNEXE IV et ANNEXE V.

Tableau 3.7

Outils spécifiques aux déchets de CRD – Bénéfices & Inconvénients

	Critère	Bénéfices	Inconvénients
Portée	Objet	Possibilité de couvrir plusieurs types de déchets et plusieurs types de travaux.	
	Phases analysées		Les outils sont segmentés par phases.
Contexte d'utilisation	Porteur		Absence de porteurs sauf pour SMARTWaste et le guide de la déconstruction, faisant en sorte que les outils demeurent sous la forme de prototype.
	Répondants	Les principaux acteurs d'un projet de construction sont visés par la gamme d'outils étudiés.	
Fonctionnement	Structure		Les outils reposant sur l'évaluation d'assemblages prédéfinis ont une applicabilité limitée.
	Type d'intrants		Les outils nécessitant des intrants quantitatifs sont plus lourds à utiliser

Comme on pouvait s'y attendre, les outils spécifiques aux déchets de CRD offrent un niveau de détail permettant d'analyser les types de déchets et les activités responsables de leur



production plus précisément que les outils globaux des sections précédentes, et ce, tant pour les phases de démolition que de construction. Au niveau du contexte d'utilisation, les propriétaires, les concepteurs et les entrepreneurs sont visés par la gamme d'outils analysés, ce qui permet de couvrir les principaux acteurs d'un projet de construction. Il demeure toutefois trois inconvénients que l'analyse a pu dégager.

Premièrement, aucun outil ne traite des déchets produits par un bâtiment sur plusieurs phases de son cycle de vie. Bien que des outils comme BWAS et Sassi (2002) interviennent lors de la conception, les phases analysées sont segmentées : construction ou démolition. En intervenant de cette manière, les outils n'optimisent pas les interventions en amont du projet pour influencer tout le cycle de vie. De plus, les outils permettant aux concepteurs d'évaluer leur choix risquent de ne pas pouvoir être utilisés à grande échelle en raison de leur structure qui limite leur applicabilité aux types d'assemblages contenus dans l'outil.

Deuxièmement, il y a absence de porteur responsable de la mise en marché de ces outils et de faciliter leur utilisation. Outre SMARTWaste qui est accessible en Angleterre et le guide de la conception pour la déconstruction, aucun des outils présentés n'a franchi la barrière académique et ne pourrait être utilisé dans un contexte de projet. Ce facteur limite particulièrement l'utilisation d'outil reposant sur des applications informatiques telles l'ACV de la démolition de Sara et coll. (2001) et la simulation de la production de déchets en construction de Chandrakanthi et coll.(2002).

Troisièmement, parmi les outils étudiés, ceux apportant les résultats les plus intéressants et ayant le plus de pertinence pour guider les décisions des intervenants étaient des instruments à caractère quantitatif. Toutefois, pour obtenir un portrait complet du projet, il faut fournir des intrants quantitatifs relativement détaillés pour chaque type de déchets analysés, que ce soit au niveau de la mesure des déchets produits avec SMARTWaste, pour la simulation de la



construction et pour l'ACV de la démolition. Cet aspect pourrait restreindre leur emploi à grande échelle.

### 3.6 État de la situation – Lacunes et opportunités

La présentation des outils existants a permis de constater que l'enjeu des déchets de CRD était considéré selon des ergonomies<sup>12</sup> différentes. Leur analyse a toutefois permis de déceler des lacunes diminuant l'efficacité des interventions de ces outils. Ces lacunes peuvent être remarquées en observant les instruments spécifiques aux déchets de CRD entre eux comme il a été exposé à la section précédente, mais aussi en les comparant aux outils visant les bâtiments plus globalement.

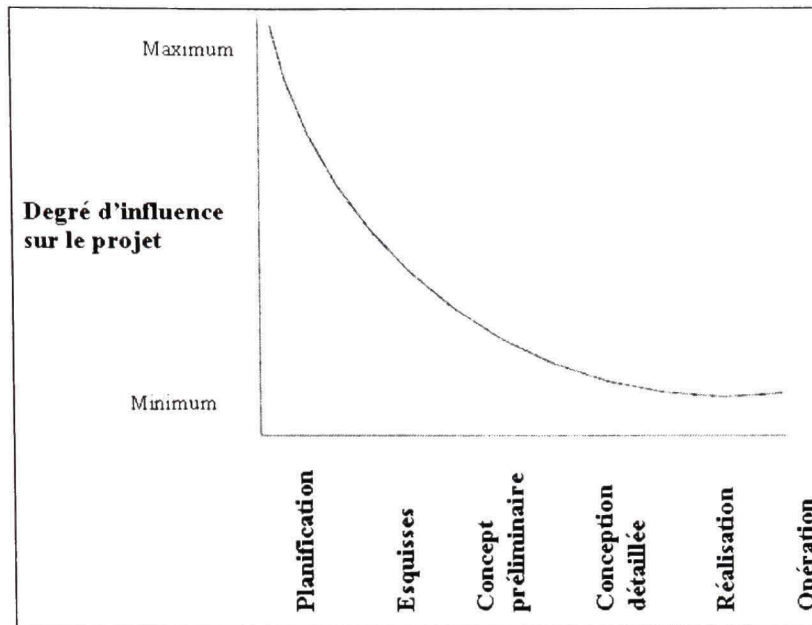
**La première lacune** se situe au niveau de la portée des outils. Cole (2005) indique que pour favoriser l'utilisation d'un outil par l'industrie, l'analyse de l'objet devrait porter sur son cycle de vie complet. Lorsqu'on observe les outils spécifiques à l'enjeu des déchets de CRD, on note qu'avec un seul outil, on ne peut intervenir sur tout le cycle de vie. Pour ce faire, il faut utiliser les applications d'ACV. Il a toutefois été montré que les résultats fournis par ces applications étaient incomplets et que le processus d'analyse était lourd. L'autre option est l'utilisation des outils d'évaluation des bâtiments. Toutefois, la place des déchets de CRD est limitée dans ce type d'outils, car ils sont conçus pour évaluer plusieurs enjeux et ne peuvent aller en profondeur pour chacun d'eux. En effet, l'outil utilisé au Canada, LEED-NC, vise principalement les déchets au moment de la réalisation des projets. Du côté des outils

---

<sup>12</sup> Pour la présente recherche, le terme « ergonomie » réfère au contexte dans lequel est utilisé l'outil, aux interactions entre les usagers et l'outil ainsi qu'à ses fonctionnalités (voir CHAPITRE 2).

permettant de considérer les le cycle de vie, CASBEE n'est pas utilisé au Canada et SBTool est plus difficilement utilisable en raison de son côté quantitatif.

**La deuxième lacune** se situe au niveau du contexte dans lequel sont utilisés les outils. Deux facteurs limitent l'utilisation et les bénéfices pouvant être retirés. D'abord, la majorité des outils spécifiques aux déchets de CRD n'ayant pas de porteur, ils demeurent sous la forme de prototype. L'étude des autres types d'outils, tels les systèmes d'évaluation des bâtiments, les applications d'ACV et les KPI montrent que le porteur joue un rôle important dans la gestion de l'instrument et dans sa mise en marché. Ensuite, que les outils soient disponibles commercialement ou non, on note que le moment de leur utilisation n'est pas optimal. D'une part, les KPI offrent un constat de la situation une fois les activités terminées et ne permettent pas à eux seuls de l'améliorer. D'autre part, les outils proposés par Chandrakanthi (2002) et Sara et coll. (2001) visent des interventions une fois la conception du bâtiment terminée. Il en résulte que ces outils tendent à minimiser la suite des impacts au lieu d'intervenir à la source du problème. Comme la Figure 3.12 le montre, les décisions prises tôt dans un projet sont celles qui ont le plus d'impact sur son cycle de vie. Les outils intervenants après la conception ont donc un impact plus faible



**Figure 3.12 Courbe de Pareto.**  
(Adapté de Chini et Balanchandran, 2002)

Pour les outils intervenant tout de même en conception, le phénomène de la couche de travail supplémentaire se pose. Ce phénomène s'explique par le fait que les outils utilisés au moment de la conception ne sont pas intégrés au processus de design faisant en sorte que les résultats arrivent avec un certain délai et empêchent l'optimisation de la conception dès le départ (Lützkendorf et coll., 2006). On note ce phénomène avec les outils d'ACV qui nécessitent une modélisation du bâtiment, impliquant que la conception doit être relativement avancée pour obtenir des résultats. Le phénomène est moins prononcé avec les outils d'évaluations des bâtiments, mais il demeure que les résultats de ces évaluations ne sont disponibles qu'une fois la conception terminée. Plus les outils sont quantitatifs, plus ce phénomène s'accroît.

**La troisième lacune** se situe au niveau du fonctionnement des outils. Il a été identifié par Lützkendorf et Lorenz (2006) que le marché de la construction préfère des outils basés sur des informations qualitatives dues à leur rapidité d'utilisation et à leur flexibilité. Toutefois,

on note que les outils proposés par Chandrakanthi (2002), Sara et coll. (2001), les applications d'ACV, l'étalonnage lié aux déchets de CRD, ainsi que les principaux outils d'évaluation disponibles au Canada exigent tous des intrants quantitatifs requérant des efforts supplémentaires aux tâches de projet habituel et pouvant aussi être associé au phénomène de la couche de travail supplémentaire.

**La quatrième lacune** vise le manque de flexibilité des outils spécifiques à l'enjeu des déchets de CRD. Bien que les outils d'évaluation qualitatifs de Sassi (2002) et BWAS permettent de considérer les déchets de CRD, on remarque un manque de flexibilité qui ne devrait pas être présent avec ce type d'outil. En effet, ces méthodes présentent une structure rigide, car elles évaluent des systèmes prédéfinis, limitant leur applicabilité aux systèmes déjà analysés par les auteurs. Sachant que chaque projet de construction est unique et comporte ses particularités, cette restriction devient problématique.

Enfin, bien que présentant des lacunes, l'analyse de l'ergonomie des outils d'évaluation permet de croire que certains aspects de ces outils sont ceux qui montrent le plus fort potentiel pour permettre de considérer l'enjeu des déchets de CRD de manière optimale. En effet, ces outils, principalement HQE et DQI peuvent s'intégrer tôt dans le projet. De plus, leur structure, généralement composée de critères d'évaluation de la conception, offre des repères aux propriétaires et aux concepteurs tout au long du processus de conception. Enfin, l'emploi de ces outils est principalement imposé par le futur propriétaire du bâtiment, ajoutant ainsi plus de poids au respect des critères d'évaluation et au niveau de performance à atteindre. Il demeure donc à trouver le moyen de bénéficier de ces avantages, voire de les surpasser et d'éliminer les lacunes identifiées pour développer un outil spécifique à l'enjeu des déchets de CRD intervenant en conception. Le prochain chapitre indique la méthodologie qui sera employée pour développer cet outil.



## **CHAPITRE 4**

### **MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE**

#### **4.1 Introduction**

Le premier chapitre a permis de présenter les notions de base relatives aux déchets de CRD du secteur du bâtiment et d'exposer les cadres de gestion de ces matières résiduelles en vigueur dans plusieurs pays, dont le Québec. L'analyse de ces cadres en fonction des spécificités des déchets de CRD produits par l'industrie du bâtiment a permis de définir la problématique de l'étude. Le second chapitre a quant à lui permis d'explorer les différents types d'outils adressant l'enjeu des déchets de CRD. Leur analyse a précisé la problématique en identifiant les lacunes que présentaient ces outils, faisant ainsi obstacle à la gestion des déchets de CRD. Le présent chapitre permettra maintenant d'exposer la méthodologie adoptée pour répondre à la problématique identifiée.

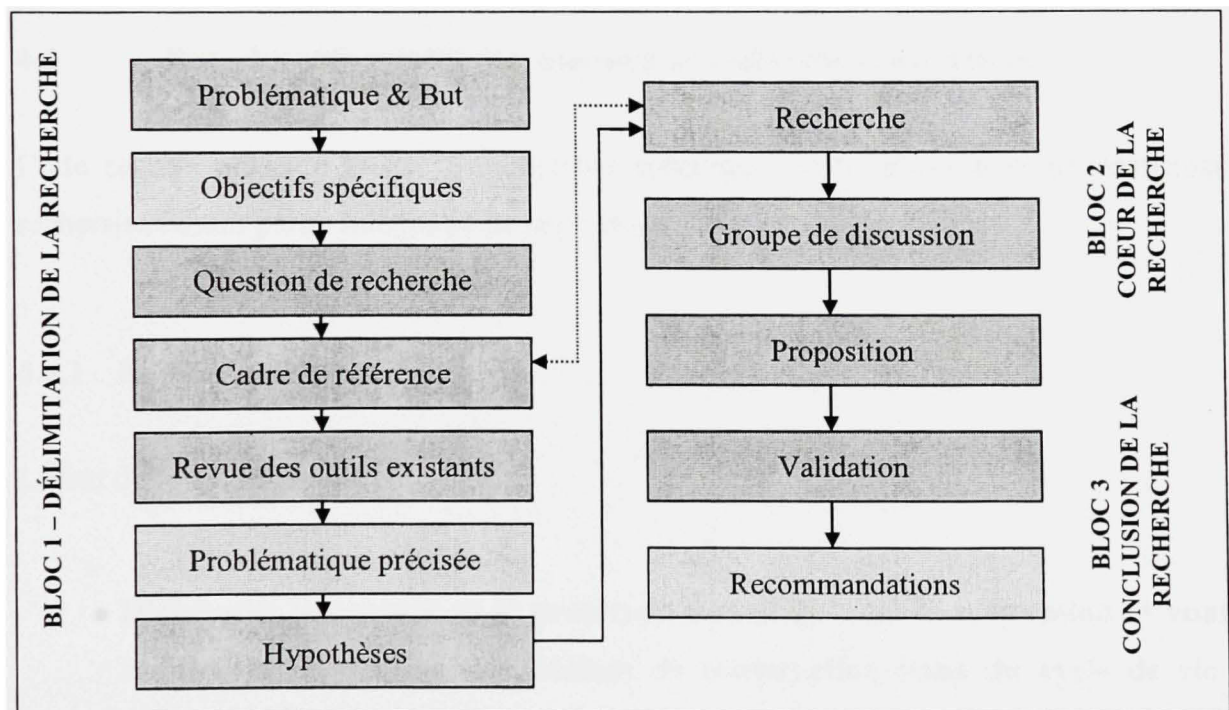
#### **4.2 Rappel de la problématique**

Pour un pays, les déchets de CRD représentent une forte proportion des déchets générés et enfouis (ADEME, 2007; Environment Agency, 2008; Recyc-Québec, 2007a; Yu et coll., 2001). Bien que des efforts soient effectués, au Québec comme ailleurs, afin de maximiser le détournement de ces déchets des sites d'enfouissement, le secteur du bâtiment participe peu aux efforts de réduction alors que le secteur du génie civil et des ouvrages d'art, favorisé par les mesures gouvernementales, affiche une meilleure performance (Ministère de l'Équipement - DDEA du Val d'Oise, 2005; Recyc-Québec, 2006). Cette pratique fait en sorte que le secteur du bâtiment contribue à consommer des territoires et des ressources inutilement, en plus de subir des pertes financières non comptabilisées. Parallèlement aux actions des gouvernements, plusieurs outils permettant de considérer les impacts environnementaux des bâtiments ont vu le jour. Toutefois, il a été observé que les outils

disponibles ne permettaient pas de traiter de manière optimale l'enjeu des déchets de CRD. À ce moment, il est donc opportun de proposer un outil favorisant la prise en compte de l'enjeu des déchets de CRD lors de la conception de sorte que cet enjeu soit considéré par des dispositions prises en amont des étapes de réalisation du projet afin de maximiser l'influence sur le cycle de vie du bâtiment.

### 4.3 Stratégie de recherche

Pour développer l'outil proposé, la stratégie de recherche comporte plusieurs étapes. La Figure 4.1 représente le processus suivi.



**Figure 4.1 Stratégie de recherche.**  
(Adapté de Leedy et Ormrod, 2005)

Le premier bloc représente la délimitation de la recherche. Il a fait l'objet des trois premiers chapitres et de celui en cours. On y retrouve la définition de la problématique globale où le

but, les objectifs spécifiques et la question de recherche ont été définis. Un cadre de référence permettant de procéder à la revue critique des outils existants a ensuite été élaboré. Cette revue ainsi effectuée aura permis de préciser la problématique et de définir les assertions pour orienter la suite de la recherche. Le second bloc constitue le cœur de la recherche. On y effectuera une recherche documentaire qui vise à établir les bases de l'outil à développer tant au niveau du contenu technique que de son ergonomie. La tenue d'un groupe de discussion abordant différentes thématiques de l'outil à développer précisera les besoins des acteurs du bâtiment en matière d'ergonomie et de contenu technique pour ensuite proposer le concept et le prototype de l'outil. Le dernier bloc de la recherche permettra de valider cet outil et de conclure en procédant aux recommandations. La section 4.5 apporte des détails sur les méthodes employées au cœur et à la conclusion de la recherche.

#### **4.4 But, objectifs spécifiques, question de recherche et assertions**

Cette section présente le but, les objectifs spécifiques et la question et les assertions de recherche faisant partie intégrante de cette étude.

##### **4.4.1 But de la recherche**

Le but de la recherche est :

**D'élaborer le concept et le prototype d'outil guidant la conception et visant à réduire la production des déchets de construction issus du cycle de vie des bâtiments.**

#### **4.4.2 Objectifs spécifiques**

Considérant les lacunes propres aux outils traitant des déchets de CRD identifiées à la section 3.6 et les spécificités des déchets provenant des bâtiments observées au CHAPITRE 1, le concept de l'outil, illustré par un prototype, devra permettre de :

1. **Considérer l'enjeu des déchets de CRD sur le cycle de vie des bâtiments par des décisions prises en amont de la construction.**
2. **Guider les concepteurs sur l'enjeu de la gestion des déchets de CRD en accompagnant le processus d'élaboration d'un projet.**

#### **4.4.3 Question et assertions de recherche**

Pour atteindre le but et les objectifs spécifiques de cette recherche, la question à laquelle on vise répondre se divise en deux volets :

1. Quel contenu technique l'outil doit-il présenter pour permettre de réduire les déchets de CRD sur le cycle de vie d'un bâtiment?
2. Quelle ergonomie l'outil doit-il afficher afin de guider les concepteurs et leur permettre de considérer l'enjeu des déchets de CRD au cours de l'élaboration du projet?

Pour orienter la recherche visant à apporter une réponse au volet de la question concernant le contenu technique de l'outil, l'hypothèse faisant état que les concepteurs peuvent intervenir sur la production de déchets des bâtiments sur leur cycle de vie est avancée. Cette hypothèse s'explique par la présentation des différentes origines des déchets de CRD des bâtiments à la



section 1.2.3 où il a été noté que des décisions prises au moment de la conception pouvaient avoir une influence directe ou indirecte sur la génération de ces déchets.

Pour le second volet de la question visant l'ergonomie de l'outil à développer, la recherche repose sur l'hypothèse que certaines caractéristiques des outils d'évaluation des bâtiments sont adaptées pour considérer l'enjeu des déchets de CRD au cours du processus de conception. Cette hypothèse provient de l'analyse des outils d'évaluation existants où il a été observé que la structure, la phase d'utilisation et les intervenants désignés comme porteurs et répondants offrent un potentiel intéressant pour intégrer l'enjeu des déchets de CRD au moment de la conception.

## **4.5 Méthodologie de recherche**

Pour apporter une réponse à la question de recherche et ainsi atteindre le but et les objectifs de l'étude, la stratégie de recherche identifiée à la Figure 4.1 a été mise en application. Cette section précise les étapes clés des blocs deux et trois de cette stratégie.

### **4.5.1 Recherche**

L'activité « Recherche » de la Figure 4.1 comporte deux volets. D'abord, le contenu technique de l'outil devra être défini. Ce contenu technique représente les critères de conception sur lesquels reposera l'outil. Pour ce faire, une recherche s'appuyant sur des sources documentaires permettra de dégager les actions pouvant être posés en conception et influençant la production de déchets de CRD du bâtiment. Ces actions seront organisées en fonction des phases du cycle de vie qu'elles influencent.

Dans le second volet de l'activité « Recherche », l'ergonomie de l'outil sera étudiée. Pour ce faire, le cadre de référence déjà établi à la section 2.3 sera utilisé pour définir trois variantes

d'outils présentant des manières différentes d'aborder les critères de conception. Des exemples d'outils d'évaluation commercialement disponibles dans le domaine de la construction serviront de sources d'inspiration. Ces trois variantes serviront d'instrument de mesure à l'activité qui suit, soit le groupe de discussion.

#### **4.5.2 Groupe de discussion**

Avant de procéder au groupe de discussion en tant que tel, une séance pilote permettra de valider les procédures planifiées. Une fois cette vérification effectuée, le groupe de discussion regroupant des professionnels de l'industrie permettra, d'une part, de valider le contenu technique défini dans le premier volet de la recherche. Pour ce faire, les participants auront à prioriser les critères de conception dégagés de la littérature. La classification ainsi obtenue leur sera présentée et il leur sera possible de la critiquer. D'autre part, le groupe de discussion précisera les besoins des utilisateurs cibles en ce qui a trait à l'ergonomie de l'outil. Pour ce faire, un questionnaire sera rempli et une discussion dirigée ayant comme base les trois variantes d'outils aura lieu.

#### **4.5.3 Proposition**

Les éléments issus de la recherche documentaire, jumelés à l'analyse des données recueillies auprès du groupe de discussion, permettront de proposer le concept retenu pour l'outil. Pour l'illustrer et pour s'assurer que l'approche retenue soit utile aux concepteurs de bâtiment, un prototype de l'outil sera développé. Le prototype ne demandant pas un langage informatique complexe, l'application EXCEL sera utilisée pour implémenter l'outil.

#### **4.5.4 Validation**

En fonction des délais de réalisation d'un projet de maîtrise, il est difficile, au cours d'une seule étude, de combiner le développement d'un nouvel outil et sa validation dans un projet

en industrie. Les projets de construction disponibles sont peu nombreux et le processus de planification/conception est trop étalé dans le temps. Bien qu'étant moins riche qu'une application en contexte de projet, la méthode de validation sous forme d'entrevue permet quand même d'obtenir des commentaires basés sur l'expérience de professionnels. Proposée par Leedy et Ormrod (2005), cette approche permet de vérifier la validité des conclusions tirées à la suite d'une recherche qualitative. L'outil sera donc présenté à un professionnel du bâtiment et une entrevue semi-dirigée permettra de recueillir des commentaires sur l'applicabilité du concept et sur la pertinence des critères de conception.

#### **4.6 Justification de la méthodologie**

Les éléments d'ergonomie et le contenu technique ayant été élaborés à partir de sources documentaires, la tenue d'un groupe discussion permet, avant de formuler la proposition finale de l'outil, d'intégrer les futurs utilisateurs au développement afin de créer un outil adapté aux besoins spécifiques de l'industrie. De plus, la technique du groupe de discussion décrite dans Krueger et Casey (2000) identifie des situations où l'utilisation d'une telle approche est souhaitable. Trois de celles-ci sont présentes dans l'étude en cours.

##### **1. Faire émerger des commentaires à propos d'un sujet particulier.**

Pour cette étude, à l'aide des questionnaires et de la discussion dirigée, on fait en sorte que les experts invités expriment leurs besoins spécifiques en ce qui a trait à un outil destiné à l'enjeu des déchets de CRD.

##### **2. Tester des produits pilotes**

Dans la recherche en cours, trois variantes d'outils seront développées et présentées au groupe de discussion afin d'optimiser la participation et de permettre d'identifier plus facilement les besoins des participants avant la proposition finale.

### 3. Découvrir les facteurs qui influencent les individus dans des situations complexes

Ici, la situation complexe considérée est le processus de conception d'un bâtiment où les solutions, les intervenants ainsi que les intérêts de chacun sont multiples et peuvent diverger. Les facteurs à découvrir représentent les caractéristiques de l'ergonomie de l'outil, tel que défini au CHAPITRE 2, lui permettant de répondre aux besoins des utilisateurs cibles.

L'approche du groupe de discussion permet ainsi d'impliquer des membres de l'industrie tôt dans le développement de l'outil avant même que le prototype ne soit développé. Il est donc plus facile de proposer un outil répondant à leurs besoins et ainsi favoriser sa validation et son intégration ultérieure.

## 4.7 Conclusion

Ce chapitre a permis de rappeler la problématique établie et précisée dans le premier bloc de l'étude. La stratégie de recherche mise en œuvre afin d'atteindre le but, les objectifs spécifiques et de valider les assertions a été établie. Enfin, les étapes charnières de la méthodologie ont été expliquées et le choix de l'approche par groupe de discussion a été justifié. Les prochaines sections permettent maintenant de présenter les résultats issus de ces étapes charnières de la recherche.



## **CHAPITRE 5**

### **DÉFINITION DU CONTENU TECHNIQUE DE L'OUTIL**

#### **5.1 Introduction**

Ce chapitre a comme objectif de définir le contenu technique de l'outil. La justification de ce volet de la recherche sera d'abord expliquée et les sources documentaires consultées seront ensuite présentées. Issus de la littérature, les critères de conception visant à réduire les déchets générés par les bâtiments au cours de leur cycle de vie seront exposés. Enfin, le processus menant à classer ces critères pour ne retenir que les plus importants aux yeux de l'industrie sera expliqué. Ainsi, au terme de ce chapitre, la structure de l'outil, c'est-à-dire les critères de conception sur lesquels elle reposera, sera définie.

#### **5.2 Justification du volet de recherche**

Les gestes posés en conception et pouvant influencer la production de déchets des bâtiments sont dispersés dans plusieurs sources documentaires. De plus, ces éléments ne sont pas toujours présentés de manière à ce que leur impact sur la génération des déchets de CRD soit clairement identifiable. Puisque le but de la recherche est de développer un outil guidant le processus de conception, on se doit d'identifier, de regrouper et d'expliquer l'influence de ces éléments. Cette étape de la recherche est d'autant plus importante à la constitution de l'outil que des études ont noté un manque de connaissance de la part des concepteurs en ce qui a trait à l'enjeu de la réduction des déchets de CRD. Chandrakanthi (2002) indique que le manque de connaissance des techniques de construction durant la conception est responsable d'une portion de la production de déchets en chantier tandis que Osmani (2008) mentionne que, chez les architectes, seulement une minorité a suivi une formation sur cette matière et que la majorité doit entreprendre des recherches personnelles ou se référer à la littérature scientifique pour considérer les déchets de CRD au cours d'un projet.

La dispersion des éléments recherchés dans la littérature, jumelée à un manque de connaissance sur cet enjeu dans l'industrie, font en sorte que la constitution d'une banque de critères de conception visant à prévenir la production des déchets sur le cycle de vie du bâtiment est nécessaire afin d'établir la structure technique sur laquelle reposera l'outil. Ces notions doivent être explicitées de manière à ce que les concepteurs puissent comprendre leur impact sur la génération des déchets.

### 5.3 Sources documentaires consultées

Plusieurs types de sources documentaires traitant de la réduction et de la gestion des déchets de CRD à différentes phases du cycle de vie des bâtiments ont été consultés. Le Tableau 5.1 synthétise ces sources. Il les regroupe d'abord par type et indique ensuite les phases du cycle de vie du bâtiment abordées par celles-ci.

Tableau 5.1

Synthèse des sources documentaires utilisées

Sources	Type	Réduction / construction	Réduction / démolition	Gestion / Travaux
<b>Cas multiples</b> (Charlot-Valdieu, 1996)	Cas d'étude	X		X
<b>Police and Court Complex</b> (McDonald et coll., 1998)	Cas d'étude			X
<b>C.K. Choi Building</b> (Marques, Pagani et coll., 1999)	Cas d'étude	X	X	X
<b>Cas multiples</b> (Gauzin-Muller, 2001)	Cas d'étude	X		
<b>Étude d'un projet de déconstruction</b> (Fortin, 2003)	Cas d'étude		X	X



Sources	Type	Réduction / construction	Réduction / démolition	Gestion / Travaux
<b>Mountain Equipment COOP</b> (Lepage et coll., 2003)	Cas d'étude	X		X
<b>Cas multiples</b> (Shen, Tam et coll., 2004)	Cas d'étude			X
<b>Collège Notre-Dame-de-Lourdes</b> (Desrochers et coll., 2004)	Cas d'étude		X	X
<b>Pôle des Mureaux</b> (2KDS et Noeuvéglise, 2005; Bulle et Noeuvéglise, 2006)	Cas d'étude	X	X	X
<b>Projet Cu villier</b> (Mamfredis, 2006)	Cas d'étude		X	X
<b>740 Belair</b> (Pitre, 2008)	Cas d'étude	X		X
<b>Waste minimisation and recycling in construction</b> (Coventry et coll., 1998)	Guide	X	X	
<b>Guide du DDN</b> (Travaux Publics Services Gouvernementaux Canada, 2000)	Guide	X		X
<b>Best practices guide – Material Choices for Sustainable Design</b> , (Greater Vancouver Regional District, 2001)	Guide	X		
<b>Guide des meilleures pratiques en matière de réduction des déchets solides</b> (Association canadienne de la construction, 2001)	Guide			X
<b>Project Waste Management</b> (Susan Morris Specifications Limited, 2001)	Guide			X
<b>Design for deconstruction</b> (Addis et coll., 2004)	Guide		X	
<b>Étude 1</b> (Johnston et Mincks, 1992)	Étude			X
<b>Étude 2</b> (Poon et coll., 1996)	Étude			
<b>Étude 3</b> (Poon et coll., 2004a)	Étude			X
<b>Recommandation T2-2000</b> (Ministère de l'Équipement, 2000)	Document public			X
<b>Déchets du BTP – Plan de gestion - Paris et la petite couronne</b> (Ministère de l'Équipement, 2004)	Document public			X

On note que les sources documentaires abordent le thème des déchets de CRD sous deux volets. On retrouve d'abord l'approche la plus souhaitable dans l'échelle des 3R-V, soit la réduction à différentes étapes du cycle de vie. Ensuite, on retrouve l'approche visant les

échelons inférieurs de l'échelle, soit la gestion des déchets une fois qu'ils sont apparus lors des travaux.

En ce qui a trait à l'approche de la réduction à la source, des cas d'études ont été analysés pour identifier les actions de conception ayant un impact sur les déchets générés au cours de la phase de construction. Les cas les plus riches en information sont ceux du magasin de détail Mountain Equipment COOP (Lepage et coll., 2003) et du bâtiment de l'université de la Colombie-Britannique, C.K Choi Building (Marques et coll., 1999). D'autres cas offrant un niveau de détail plus faible, mais où l'effort de réduire les déchets a tout de même été entrepris dès la conception, ont aussi été étudiés (Bulle et coll., 2006; Gauzin-Muller, 2001; Pitre, 2008).

Toujours pour l'approche de la réduction à la source, mais pour les phases de rénovation et de démolition cette fois-ci, des cas d'études visant des projets où la déconstruction a été pratiquée ont été analysés. Les leçons tirées de ces projets permettent d'identifier les actions à prendre en conception pour faciliter les opérations de déconstruction des bâtiments et ainsi optimiser la gestion des déchets de démolition. On y retrouve un projet de rénovation d'un bâtiment institutionnel (Desrochers et coll., 2004), un projet de déconstruction d'un bâtiment commercial (Fortin, 2003) et un projet de rénovation résidentielle (Mamfredis, 2006).

Enfin, outre les cas d'études, la réduction des déchets de CRD est aussi traitée par des guides de conception. Deux de ceux-ci se démarquent par la richesse de leur contenu. Le premier vise principalement les actions de conception prévenant la génération de déchets au cours de la construction (Coventry et coll., 1998) tandis que le second vise les actions de conception facilitant la déconstruction des bâtiments (Addis et coll., 2004). Les autres guides de conception consultés portent sur la sélection des matériaux durables et touchent



indirectement l'enjeu des déchets de CRD (Greater Vancouver Regional District, 2001; Travaux Publics Services Gouvernementaux Canada, 2000).

Au niveau de la gestion des déchets de CRD générés lors des travaux, en plus des cas d'études déjà cités où cette approche avait été mise en œuvre, d'autres observations de chantier ont été analysées (Charlot-Valdieu, 1996; McDonald et coll., 1998; Poon et coll., 2004a). L'étude des activités de gestion effectuées en chantier permet de dégager ce qui aurait pu être fait en amont des travaux par les professionnels pour faciliter cette gestion. De plus, des études ont quant à elles permis de cibler des barrières et des incitatifs pouvant être considérés par les professionnels pour favoriser la gestion en chantier (Johnston et coll., 1992; Poon et coll., 1996; Shen et coll., 2004). Pour terminer, l'étude de documents publiés par les gouvernements et les organismes spécialisés en construction ont permis d'identifier des éléments à exiger dans un plan de gestion en chantier (Association canadienne de la construction, 2001; Ministère de l'Équipement, 2000; 2004; Susan Morris Specifications Limited, 2001).

#### **5.4 Critères de conception identifiés**

L'étude des sources documentaires a permis de définir quatre catégories de critères de conception susceptible de minimiser les déchets produits au cours du cycle de vie d'un bâtiment. Ces catégories sont :

1. La minimisation des matériaux mis en œuvre,
2. La prévision du cycle de vie,
3. La facilitation de la gestion en chantier
4. L'esprit du contrat.

#### 5.4.1 Minimisation des matériaux

Cette catégorie concerne les actions de conception visant à minimiser les matériaux requis pour le projet. Parmi les origines des déchets définies au Tableau 1.2 (page 8), ces critères visent la réduction de ceux ayant comme provenance le design, les opérations et la gestion ainsi que les opérations. Ils sont présentés au Tableau 5.2.

Tableau 5.2

Critères de conception - Minimisation des matériaux

Critères / Phases du cycle de vie influencées	Construction	Rénovation	Démolition
Minimisation des surfaces de finis / enveloppe	X	X	X
Minimisation des matières dangereuses	X	X	X
Standardisation du type des matériaux	X	X	X
Minimisation des ouvrages temporaires	X		
Minimisation du nombre de types de déchets	X		
Préfabrication / Modularité	X		
Production de plans de pose	X		
Production de plans de réservation	X		
Présence de contenu recyclé dans les matériaux spécifiés			X
Utilisation de matériaux récupérés			X

À la phase de construction, le fait de concevoir le bâtiment en minimisant les matériaux de finition et d'enveloppe qui sont responsables de la majorité des déchets en chantier vise la diminution des déchets ayant comme cause directe les emballages et les résidus de coupe (Lepage et coll., 2003). L'optimisation de l'utilisation des matériaux via la production de plans de pose et de plans de réservation adresse aussi les résidus produits en chantier. D'autre part, la conception d'un bâtiment favorisant la préfabrication et la limitation des ouvrages

temporaires vise à minimiser la mise en œuvre de matériaux qui pourraient être destinés à l'enfouissement suite aux travaux. Enfin, le fait de minimiser l'emploi de matières dangereuses, de minimiser les types de déchets, de standardiser les matériaux et de diminuer globalement la quantité de matériaux vise à faciliter le tri des déchets à la phase de construction et d'éviter leur contamination pour maximiser la récupération.

Aux phases de rénovation et de démolition, en ayant minimisé et standardisé les matériaux constituant le bâtiment, la quantité de débris générés lors de réaménagements ultérieurs risque d'être aussi réduite. Leur gestion s'en trouve ici aussi facilitée et l'absence de matières dangereuses dans le bâtiment diminue le risque de contamination des éléments récupérables. Enfin, concevoir un bâtiment en y intégrant des matériaux récupérés et des matériaux à contenu recyclé, permet indirectement la réduction des déchets comme il a été vu avec les outils d'évaluation des bâtiments. En effet, en favorisant la réintégration de matériaux de construction dans la chaîne d'approvisionnement, l'enfouissement des déchets de démolition d'autres bâtiments est évité.

#### **5.4.2 Prévision du cycle de vie**

La conception peut aussi influencer d'autres phases que celles de construction. Cette catégorie renferme des critères de conception tenant compte de l'évolution du bâtiment au cours de son cycle de vie. Répertoriés dans la littérature, ceux-ci visent des déchets ayant comme origine le design (voir Tableau 1.2) et sont présentés au

Tableau 5.3.



Tableau 5.3

## Critères de conception - Préviation du cycle de vie

Critères / Phases du cycle de vie influencées	Construction	Rénovation	Démolition
Codification visuelle ou électronique des matériaux		X	X
Éléments de conception favorisant la déconstruction de l'enveloppe, des finis et de la structure		X	X
Inventaire des matériaux présent dans le bâtiment		X	X
Recyclabilité de l'enveloppe et des finis		X	X
Recyclabilité de la structure		X	X
Éléments de conception favorisant la flexibilité des espaces		X	
Éléments de conception favorisant l'adaptabilité de la structure		X	

Une conception favorisant la flexibilité des espaces et l'adaptabilité de la structure fait en sorte que le bâtiment devrait être en mesure de répondre plus facilement aux besoins des différents utilisateurs au cours de son opération sans exiger de rénovation majeure permettant ainsi de réduire la quantité de déchets générés à ces phases. De plus, le fait de tenir compte de la recyclabilité du bâtiment et de favoriser sa déconstruction pièce par pièce par des mesures prises dès la conception tend à faciliter l'application du principe des 3R-V lors des travaux de rénovation ou de démolition. Enfin, la constitution d'un inventaire des matériaux présents dans le bâtiment et leur codification dans le but de répertorier leurs caractéristiques tend à faciliter la récupération lors des travaux ultérieurs puisque leur composition et leur performance mécanique sont connues. Cet inventaire, conservé par le gestionnaire du bâtiment, pourrait être formé à partir des informations contenues dans les plans et devis ainsi qu'à partir des fiches techniques des matériaux présents dans le bâtiment.

### 5.4.3 Facilitation de la gestion en chantier

La troisième catégorie comprend contient des critères visant les déchets ayant comme origine la gestion en chantier. Ces éléments, ne visant que les déchets produits à la phase de construction, sont présentés au Tableau 5.4

Tableau 5.4

Critères de conception - Facilitation de la gestion en chantier

Critères / Phases du cycle de vie influencées	Construction	Rénovation	Démolition
Estimation, à titre indicatif, de la quantité de déchets à être produit	X		
Identifier le potentiel de 2R-V (Réemploi, Recyclage et Valorisation) des différents types de déchets	X		
Identification, à titre indicatif, de la zone pouvant être occupée par les conteneurs	X		
Identification des destinations possibles des déchets	X		

Le fait d'estimer les déchets pouvant être générés lors des travaux, d'identifier leur potentiel dans l'échelle des 2R-V et de cibler les filières pouvant les accueillir dès la conception tout en transmettant ces informations aux entrepreneurs dans les documents de soumission vise à faciliter la planification de la gestion en chantier. De cette manière, l'efficacité de la gestion en chantier est optimisée et les déchets n'ayant pu être évités à la source peuvent être plus facilement traités et dirigés vers les filières appropriées au moment de la réalisation des travaux. De plus, le fait d'identifier, dès la conception, la zone allouée aux différents conteneurs sur le site des travaux vise à aider le concepteur à s'assurer qu'un espace suffisant est disponible pour la gestion envisagée. Ces informations visent aussi à faciliter la planification de l'entrepreneur.

#### 5.4.4 Esprit du contrat

La quatrième catégorie renferme des critères liés à l'esprit du contrat rédigé par les professionnels afin d'être en mesure de mieux contrôler les déchets ayant comme origine la gestion lors de la réalisation des travaux. Les déchets ayant comme origine la commande des matériaux et la manipulation des éléments sont aussi couverts par cette catégorie. Le Tableau 5.5 présente ces éléments de conception.

Tableau 5.5

Critères de conception - Esprit du contrat

Critères / Phases du cycle de vie influencées	Construction	Rénovation	Démolition
Exigence d'un plan de gestion des déchets de CRD en chantier	X		
Exigence d'un plan de gestion des matériaux en chantier	X		
Présence de clauses de performance avec contrainte/incitatif financier	X		
Présence de clauses de performance sans contrainte/incitatif financier	X		
Spécification d'un niveau d'expérience minimal en gestion des déchets (entrepreneur général)	X		

L'exigence d'un plan de gestion des déchets et la définition de clauses contractuelles liées à la performance en matière de gestion des déchets en chantier visent à permettre aux concepteurs de vérifier que les moyens mis en œuvre par l'entrepreneur lors de la réalisation des travaux sont conformes aux attentes et que les efforts de réduction des déchets amorcés en amont sont poursuivis. De plus, les professionnels peuvent conserver ainsi un certain contrôle sur le suivi et l'évacuation des déchets générés durant les travaux. Par ailleurs, le fait



d'exiger un plan de gestion des matériaux a pour but de permettre aux professionnels de s'assurer qu'un travail de planification est effectué par les entrepreneurs afin d'éviter les erreurs et les opérations conduisant au gaspillage. Enfin, le critère portant sur l'expérience de l'entrepreneur dans le domaine vise à profiter des connaissances acquises par celui-ci sur d'autres projets.

#### **5.4.5 Sommaire**

Cette section a permis d'exposer les critères de conception visant à considérer l'enjeu des déchets de CRD sur le cycle de vie du bâtiment. Ces critères ayant été dégagés à partir de diverses sources de la littérature résumées Tableau 5.1, la section qui suit présente la méthode employée pour confirmer leur validité avec des professionnels de l'industrie.

### **5.5 Choix des critères de conception**

Cette section vise à vérifier le niveau d'importance des critères de conception issus de la recherche documentaire en fonction de l'avis de professionnels de l'industrie. La méthode employée y est décrite et les critères de conception ayant le plus d'impact sont retenus pour la suite du développement de l'outil.

La consultation des professionnels s'est déroulée en deux volets et les quatre experts présents au groupe de discussion décrit à la section 6.4 ont été interrogés. Pour le premier volet, la grille d'évaluation de l'ANNEXE VI contenant tous les critères identifiés dans la littérature a été complétée par les experts. Pour les quatre catégories de critères de conception identifiées et en se basant sur leur expérience, les experts ont procédé à une classification de ces critères en fonction de leur impact sur la réduction des déchets du bâtiment. Pour une catégorie comportant un nombre « n » de critères, les experts les ont classifiés de 1 à « n » où 1 indique le critère présentant le plus fort impact sur la réduction des déchets. Aux fins d'analyse, le

système de pointage suivant a été mis en place afin de permettre de classer par ordre d'importance les différents critères de conception identifiés à partir de la recherche documentaire:

- 1er critère : « n-1 » points (Le plus d'impact)
- 2<sup>e</sup> critère : « n-2 » points
- 3<sup>e</sup> critère : « n-3 » points
- n<sup>e</sup> critère : 0 point (Le moins d'impact)

Le nombre de point « n-1 » a été attribué au premier critère de chaque catégorie. Ceci fait en sorte que le dernier critère de la catégorie, celui représentant la moindre importance, se voit attribuer zéro point. Le pourcentage de points cumulés par chaque critère par rapport au nombre de points maximal atteignable, « (n-1) \* 4 participants » a ensuite été calculé. Pour le deuxième volet de la consultation, les pourcentages de points cumulés par chaque critère ont été utilisés afin de les classer du plus important au moins important. Cette classification a été présentée aux participants afin de provoquer une discussion et pour savoir s'ils s'y ralliaient. Les experts n'ont soulevé aucun désaccord sur les critères se situant en tête de chaque catégorie, c'est-à-dire sur ceux ayant le plus de potentiel à influencer la production de déchets de CRD au cours du cycle de vie des bâtiments. Ceci laisse présager que l'opinion de chacun des experts correspondait globalement aux résultats agglomérés et qu'elle était homogène. Le Tableau 5.6 montre les résultats agglomérés.

Tableau 5.6

## Classification des critères de conception

Retenu	Critères	% de points cumulé p/r au nombre maximal atteignable
<b>Minimisation des matériaux</b>		
Oui	Minimisation des surfaces de finis / enveloppe	88 %
Oui	Préfabrication / Modularité	81 %
Oui	Utilisation de matériaux récupérés	67 %
Oui	Standardisation du type des matériaux	61 %
Oui	Présence de contenu recyclé dans les matériaux spécifiés	47 %
Oui	Minimisation des ouvrages temporaires	44 %
Non	Minimisation du nombre de types de déchets	36 %
Non	Minimisation des matières dangereuses	25 %
Non	Production de plans de pose (calepinage)	25 %
Non	Production de plans de réservation	25 %
<b>Prévision du cycle de vie</b>		
Oui	Éléments de conception favorisant la flexibilité des espaces	79 %
Oui	Éléments de conception favorisant la flexibilité de la structure	71 %
Oui	Éléments de conception favorisant la déconstruction de l'enveloppe, des finis et de la structure	63 %
Oui	Inventaire des matériaux présent dans le bâtiment	50 %
Oui	Recyclabilité de l'enveloppe et des finis	46 %
Non	Recyclabilité de la structure	29 %
Non	Codification visuelle ou électronique des matériaux	13 %
<b>Facilitation de la gestion en chantier</b>		
Oui	Estimation, à titre indicatif, de la quantité de déchets à être produit	67 %
Oui	Identifier le potentiel de 2R-V (Réemploi, Recyclage et Valorisation) des différents types de déchets	67 %
Oui	Identification, à titre indicatif, de la zone pouvant être occupée par les conteneurs	50 %
Non	Identification des destinations possibles des déchets, autre que l'enfouissement	17 %
<b>Esprit du contrat</b>		
Oui	Clauses de performance avec contrainte/incitatif financier	75 %
Oui	Exigence d'un plan de gestion des déchets de CRD en chantier	69 %
Non	Exigence d'un plan de gestion des matériaux en chantier	38 %
Non	Présence de clauses de performance sans contraintes/incitatifs financiers	38 %
Non	Prescription d'un niveau d'expérience minimal en gestion des déchets (entrepreneur général)	31 %



Notons d'abord qu'en raison du faible échantillon de participants ayant rempli la grille d'évaluation, les analyses statistiques sont impossibles et l'on ne peut classer précisément l'importance d'un critère par rapport à un autre. Il est toutefois possible de cibler les critères présentant un impact plus important aux yeux des praticiens par rapport à ceux représentant un impact moindre. Pour les catégories « Prévision du cycle de vie », « Facilitation de la gestion en chantier » et « Esprit du contrat », les critères ayant recueilli moins de 40 % des points montraient un écart relativement fort par rapport à ceux atteignant plus 40 %. Puisque les experts ne se sont pas opposés à la classification globale établie et que ce seuil représente une démarcation généralement nette, cette limite a été considérée pour la sélection des critères à intégrer à l'outil en développement. Dans le cas de la catégorie « Minimisation des matériaux », la démarcation est moins nette, mais la frontière du 40% a été conservée pour faire preuve de constance.

## **5.6 Conclusion**

Ce chapitre a permis de définir les critères de conception visant à faciliter la réduction des déchets de CRD sur le cycle de vie du bâtiment. Ces critères ont été regroupés en quatre catégories et justifiés par rapport à la phase du cycle de vie et à l'origine des déchets qu'ils visent influencer. Ne voulant pas alourdir l'outil de critères non significatifs aux yeux de l'industrie, la consultation de quatre professionnels du bâtiment a permis de vérifier la pertinence de ces critères et de ne cibler que les plus importants pour en constituer la structure. Maintenant que cette structure est définie, le prochain chapitre permettra de se concentrer sur l'ergonomie de l'outil.

## **CHAPITRE 6**

### **DÉFINITION DE L'ERGONOMIE DE L'OUTIL**

#### **6.1 Introduction**

Ce chapitre vise à déterminer les besoins des futurs utilisateurs en ce qui a trait à l'ergonomie d'un outil spécifique aux déchets de CRD et intervenant en conception. Un bref rappel du cadre de référence utilisé pour décrire la mécanique des outils est d'abord effectué et la justification de cette étape de la recherche est présentée. La méthode employée pour définir cette ergonomie, c'est-à-dire la tenue d'un groupe de discussion, est ensuite décrite et par le fait même, les instruments de mesure utilisés au cours de la séance sont présentés. Ceci étant expliqué, la présentation et l'analyse des données recueillies auprès des participants permettront de tirer des conclusions au sujet des caractéristiques devant former l'ergonomie de l'outil à élaborer.

#### **6.2 Rappel du cadre de référence**

Puisqu'il est question de la mécanique des outils dans ce chapitre, il est utile d'effectuer un bref retour sur le cadre de référence visant à la définir. Ce cadre, présenté en détail à la section 2.3, étudie quatre aspects de l'ergonomie des outils. La première catégorie identifie la portée de l'outil, c'est-à-dire, ses limites et ses objectifs. La seconde catégorie cerne le contexte dans lequel l'outil est employé tandis que le troisième aspect définit son mode de fonctionnement en insistant sur l'interaction avec l'utilisateur. Enfin, la dernière catégorie caractérise les résultats fournis et définit la manière dont ils sont obtenus.

### **6.3 Justification du volet de recherche**

Comme l'étude des outils existants l'a démontré au CHAPITRE 3, l'ergonomie influence grandement l'utilisation que l'on peut faire des outils ainsi que les bénéfices que l'on peut en retirer. L'ergonomie est d'autant plus importante que Lützkendorf et Lorenz (2006) ont constaté que de nombreux outils, bien que développés au niveau universitaire ou par des centres de recherches et utilisés par les professionnels, ne répondent pas aux besoins des décideurs de l'industrie du bâtiment. L'emploi de tels outils en cours de projet risque donc d'exiger un investissement de temps ne donnant pas les bénéfices optimaux. De plus, considérant la multitude de prototypes spécifiques aux déchets de CRD n'ayant pas franchi la barrière académique, il apparaît primordial d'étudier l'ergonomie de l'outil à développer dans le cadre de l'étude en cours. Il convient aussi d'intégrer les futurs utilisateurs au processus de développement dans le but de créer un outil répondant à leurs besoins.

### **6.4 Groupe de discussion**

Cette section expose les détails de la méthode employée pour consulter les utilisateurs cibles de l'outil. On présente d'abord sa composition et les instruments de mesure utilisés pour ensuite exposer le déroulement suivi lors de la séance.

#### **6.4.1 Composition**

Afin de former un panel de participants représentant les utilisateurs ciblés par l'outil, l'identification des candidats a été influencée par deux facteurs. Ils devaient d'abord posséder une expérience en conception de bâtiment ainsi qu'avoir été confrontés à l'enjeu de la gestion ou de la réduction des déchets de CRD au cours d'un projet de bâtiment. En plus de viser des participants riches en information, ces deux critères de sélection permettaient d'atteindre une certaine homogénéité entre eux et ainsi faciliter la communication entre eux (Krueger et coll., 2000). En ce qui a trait au nombre de participants, Kruger et Casey (2000)



recommandent de le limiter à huit pour un groupe de discussion n'ayant pas de visée commerciale. Le domaine de la gestion des déchets de CRD en étant à ses débuts au Québec, très peu de candidats répondaient aux deux critères de sélection. Des 12 candidats identifiés et contactés, quatre ont accepté l'invitation. Dans le cas où de telles difficultés de recrutement surviennent, ce nombre est jugé comme étant la masse critique acceptable par Krueger et Casey (2000). Par ailleurs, un groupe restreint présente l'avantage de laisser les participants s'exprimer plus librement et de réduire la contrainte de temps, ce qui est utile pour recueillir des informations précises et étoffées (Krueger et coll., 2000). Le Tableau 6.1 qui suit présente les participants en fonction de leur fonction dans l'industrie.

Tableau 6.1

## Composition du groupe de discussion

Appellation du participant	Fonction dans l'industrie
Coordonnateur en développement durable	Ingénieur junior, LEED PA, coordonnateur en développement durable pour une firme de génie-conseil
Gérant de projet	Ingénieur en gestion de la construction pour une firme spécialisée en gérance de projet
Gestionnaire de projet	Ingénieur gestionnaire de projet
Architecte	Architecte employé par un important propriétaire de bâtiment

Le profil des participants recrutés permet ainsi de couvrir les acteurs susceptibles d'utiliser l'outil. L'architecte intervient en planification et les trois autres agissent principalement au moment de la conception. Le gérant de projet apporte en plus une vision sur l'aspect de la réalisation des projets. Le groupe présente toutefois une lacune. En effet, aucun architecte actif en conception de bâtiment n'a pu assister à la séance. Une telle présence aurait été bénéfique puisque ces architectes jouent un rôle prépondérant tout au long du processus de conception des bâtiments. Pour pallier cette faiblesse, un architecte spécialisé en conception

sera consulté ultérieurement afin de valider l'outil qui aura été développé, entre autres, à partir des données recueillies avec ce groupe de discussion.

#### 6.4.2 Instruments de mesure

Pour obtenir les informations souhaitées à propos des caractéristiques de l'ergonomie de l'outil à développer, deux types d'instruments de mesure ont été constitué, soit un questionnaire et trois variantes d'outils intervenant en conception.

##### 6.4.2.1 Questionnaire

Un questionnaire renfermant huit questions a été élaboré. Celui-ci avait pour but de recueillir des données permettant de tracer un aperçu global des préférences des participants au sujet des caractéristiques de l'ergonomie d'un outil spécifique aux déchets de CRD intervenant à la conception. Pour répondre, les participants devaient soit cocher des cases, soit indiquer leur appréciation à l'aide d'une échelle Likert à cinq niveaux. Le questionnaire complet est fourni à l'ANNEXE VII et le Tableau 6.2 montre les critères du cadre de référence visés par les questions.

Tableau 6.2

Critères de la mécanique de l'outil visés par le questionnaire

Question	Critère du cadre de référence visé
1.1	Effet produit
1.2	Pondération des critères
1.3	Type d'intrants
1.4	Mode de collecte
1.5	Type de résultats
1.6	Effet produit
1.7	Phases d'utilisation
1.8	Aide à l'utilisateur

Notons que les conclusions qui pourront être tirées suite à l'analyse des réponses obtenues affichent des limites. Étant donné le nombre restreint de répondants, les analyses statistiques sont exclues. De plus, pour les questions s'appuyant une échelle de Likert, comme le montre la Figure 6.1 tiré du questionnaire, la signification des niveaux d'intensité 1 par opposition à 2 et 4 versus 5 pouvait varier entre les répondants. Des indications définissant chaque niveau auraient dû être fournies pour permettre de départager les niveaux aux extrémités de l'échelle.

**Q 1.6** Dans le but d'optimiser la conception en matière de réduction des déchets de CRD, à quel degré les résultats devraient vous permettre de :

Comparer différents scénarios

☐ Très fortement   
 ☐ Fortement   
 ☐ Modérément   
 ☐ Faiblement   
 ☐ Très faiblement

**Figure 6.1** *Exemple d'une question avec une échelle Likert.*

Néanmoins, il sera possible d'identifier les préférences des participants en considérant l'intensité médiane (choix modérément pour la figure 6.1) comme la frontière entre une caractéristique ergonomique dite souhaitable et non souhaitable, sans toutefois insister sur le niveau exact d'appréciation. Par ailleurs, les questions 1.1 et 1.6, tous deux portant sur l'effet produit par l'outil, permettront de vérifier la consistance des réponses à cet effet. Enfin, les commentaires de la discussion dirigée permettront de soutenir, de contredire ou de préciser ces réponses tout en vérifiant la cohérence des données recueillies.

#### **6.4.2.2 Variantes d'outils**

Comme le souligne Krueger et Casey (2000), le fait de présenter diverses options aux participants d'un groupe de discussion tend à favoriser leur participation et permet de recueillir des commentaires plus précis. Pour soutenir cette discussion dirigée, trois variantes d'outil d'évaluation spécifiques aux déchets de CRD ont donc été développées et présentées



aux participants. Pour développer ces variantes, des outils disponibles dans l'industrie du bâtiment ont servi de source d'inspiration. Compte tenu du but et des assertions de la recherche, les trois variantes avaient la même portée, mais présentaient des caractéristiques d'ergonomie différentes. Ainsi, elles visaient toutes à évaluer la performance de la conception d'un bâtiment en matière de réduction des déchets de CRD à des étapes clés de son cycle de vie. Afin de faciliter la comparaison des variantes par les participants, le critère de conception portant sur la minimisation des matériaux de finition identifié à la section 5.4 a été développé de manière à proposer trois approches différentes. Les trois variantes ainsi développées visaient à explorer une gamme de caractéristiques assez large.

Pour la variante 1, l'ergonomie de l'outil anglais DQI (Design Quality Indicator) présenté à la section 3.4 a été retenue comme source d'inspiration. La variante ainsi créée mettait l'accent sur une forte accessibilité en raison de son caractère qualitatif et de sa simplicité d'utilisation. Le principal bénéfice offert par cette variante était de faciliter la communication entre les intervenants d'un projet. Pour illustrer la mécanique de cette variante, le résumé des explications données aux participants du groupe de discussion est présenté à l'ANNEXE VIII.

Pour la variante 2, l'ergonomie de l'outil d'évaluation environnementale anglais NEAT (National Health Service Environmental Assessment Tool) présentée au CHAPITRE 2 a servi de référence. NEAT est complémentaire aux autres outils d'évaluation menant à une certification des bâtiments. Parmi les enjeux environnementaux, celui des déchets de CRD étant rarement considéré seul dans un projet et faisant plutôt partie d'une démarche globale, il devenait intéressant de s'inspirer d'un modèle tenant compte de la complémentarité des outils pour constituer la seconde variante. Le principal aspect de cet outil était d'allier des intrants quantitatifs et qualitatifs tout en favorisant l'accumulation de connaissance visant l'éducation des professionnels sur l'enjeu des déchets de CRD. Cette variante est présentée plus en détail à l'ANNEXE IX.

La variante 3, présenté en détail à l'aide de capture d'écran à l'ANNEXE X, est inspirée des caractéristiques des outils d'évaluation environnementale LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) et SBTool (Sustainable Building Tool) exposés à la section 3.4. L'élaboration d'une troisième variante ayant comme référence deux outils connus du domaine de la construction durable permettait de proposer un type d'évaluation avec lequel les professionnels étaient familiers. À l'opposé de la variante 1, celle-ci offrait un niveau de détail élevé tout en étant quantitative. Un autre de ses aspects particuliers était d'offrir plusieurs types d'aide à l'utilisateur en vue de son utilisation.

Afin de synthétiser ce qui a été présenté aux participants, le Tableau 6.3 met en évidence les différentes caractéristiques formant la mécanique des trois variantes selon le cadre de référence.

Tableau 6.3

## Synthèse comparative de la mécanique des variantes

		Variante 1	Variante 2	Variante 3
<b>Contexte d'utilisation</b>	<b>Effets</b>	Communication	Sensibilisation	Étalonnage
	<b>Répondants</b>	Propriétaires; Concepteurs	Concepteurs	Concepteurs
	<b>Phases d'utilisation</b>	Planification; Conception préliminaire; Conception détaillée	Conception préliminaire; Conception détaillée	Conception détaillée
<b>Fonctionnement</b>	<b>Aide à l'utilisateur</b>	Facilitateur externe	Aucune	Définition des critères; Stratégies applicables; Exemples de réalisation
	<b>Type d'intrants</b>	Qualitatif	Qualitatif; Quantitatif	Quantitatif
	<b>Collecte des données</b>	Atelier de travail	Par discipline	Par discipline

		Variante 1	Variante 2	Variante 3
<b>Résultats</b>	<b>Référence</b>	Projet	Absolue	Industrie
	<b>Calcul</b>	Par critères; Aggloméré; Pondéré	Par critères; Aggloméré	Par critères; Aggloméré; Pondéré
	<b>Présentation</b>	Tableau; Graphe RADAR; Graphe « Barre de performance »	Tableau; Banque de connaissance	Tableau

Au niveau du contexte d'utilisation, les phases visées par les variantes laissent les participants témoigner de la pertinence des interventions au cours du processus de planification et de conception. En fonction du niveau de détail de l'évaluation, les participants peuvent aussi s'exprimer sur trois bénéfices différents soit l'amélioration de la communication, la sensibilisation des intervenants ou l'étalonnage des pratiques. Pour ce qui est des répondants, les principaux intervenants au moment de la conception sont couverts, c'est-à-dire les concepteurs et les propriétaires.

Sur le plan du fonctionnement des trois variantes, les participants peuvent se prononcer sur les aspects quantitatifs et qualitatifs ainsi que sur deux différents modes de collecte des données, soit par discipline, soit en atelier de travail. L'aide à l'utilisateur varie aussi en fonction des variantes. La première prévoit la présence d'une ressource externe, la seconde ne prévoit aucune assistance et la variante 3 est la seule à apporter une aide intégrée avec la définition des critères et l'apport de modèles de solution.

Pour ce qui est de l'aspect « résultat » des évaluations, les participants peuvent manifester leur préférence au sujet de l'approche utilisée pour les calculer, c'est-à-dire par rapport à un seuil uniforme pour l'industrie, en fonction des priorités du projet ou de manière absolue. De plus, deux modes de pondération, par critère ou par catégorie de critères, sont proposés.



Enfin, plusieurs types de présentation des résultats sous forme de tableaux et graphiques ainsi que sous forme textuelle peuvent être abordés au cours de la discussion.

### **6.4.3 Déroulement**

Avant de procéder au groupe de discussion, le déroulement prévu a d'abord fait l'objet d'une séance pilote où la procédure, les équipements d'enregistrements et les instruments de mesure ont été validés avec l'aide d'un participant. Cette « séance test » a permis d'apporter des correctifs mineurs aux instruments de mesure afin d'améliorer la compréhension de l'auditoire. Le groupe de discussion regroupant les quatre participants s'est tenu dans les locaux de l'École de technologie supérieure et a été enregistré sur bande vidéo ainsi qu'à l'aide d'un enregistreur vocal numérique. Deux heures ont été requises et la séance s'est déroulée en quatre parties.

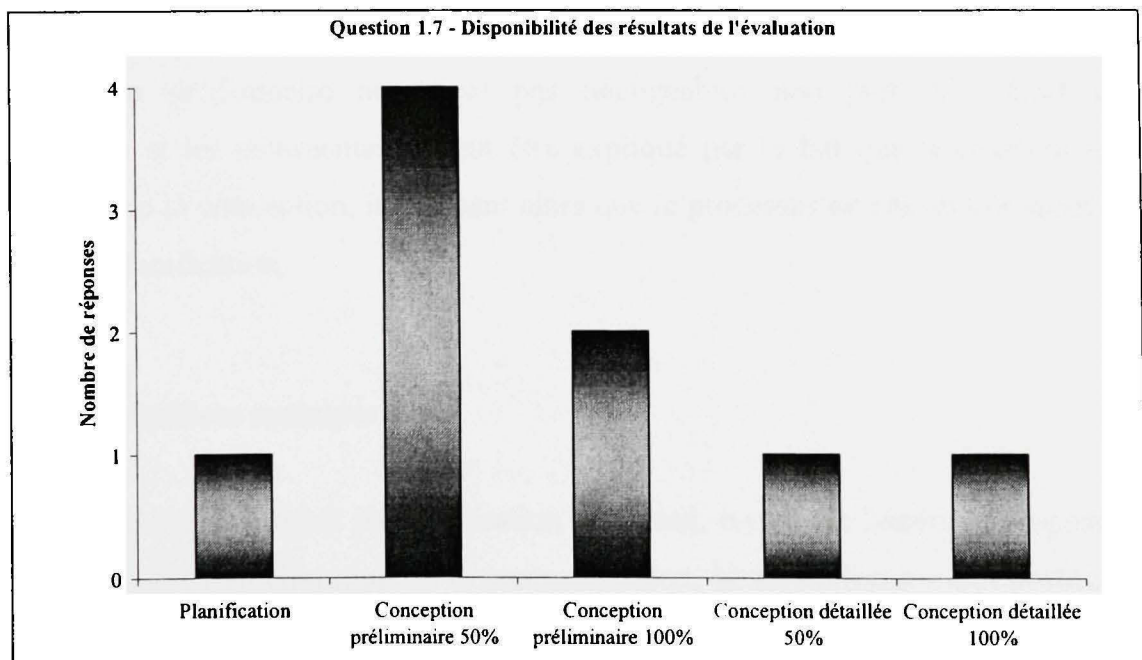
Les participants ont d'abord répondu au questionnaire présenté à la section 6.4.2.1. Ensuite, une présentation d'environ 20 minutes visait à exposer l'ergonomie des trois variantes décrites à la section 6.4.2.2. Le cœur de la séance, d'une durée de 60 minutes, a pris la forme d'une discussion dirigée abordant les trois aspects du cadre de référence définissant la mécanique d'un outil soit le contexte d'utilisation, le fonctionnement et les résultats. Au cours de la discussion, les participants ont eu à se prononcer sur leurs besoins en faisant parfois référence aux caractéristiques des trois variantes. Enfin, la dernière portion du groupe de discussion portait sur le contenu technique de l'outil. Comme il a été expliqué à la section 5.5, une classification par le biais d'un questionnaire, de suivi d'une courte discussion, a permis de prioriser les critères de conception ayant une influence sur les déchets de CRD provenant des bâtiments.

## 6.5 Les besoins associés au contexte d'utilisation de l'outil

À l'aide des réponses obtenues avec le questionnaire et des commentaires recueillis, cette section identifie les besoins liés au contexte d'utilisation de l'outil à développer, en s'appuyant sur les données recueillies auprès du groupe de discussion. On y traite du « Quand », soit la phase où l'outil intervient, du « Pourquoi » soit l'effet produit par ses interventions et du « Qui », c'est-à-dire les porteurs et les répondants visés.

### 6.5.1 Les phases d'intervention

Pour déterminer les étapes du processus de conception où les résultats de l'outil devraient être disponibles pour optimiser la réduction des déchets de CRD, les réponses à la question 1.7 du questionnaire de l'ANNEXE VII ont été analysées. À cette question, les participants pouvaient identifier autant de phases qu'ils le souhaitaient parmi le choix de réponses proposé. La Figure 6.2 expose la répartition des réponses obtenues.



**Figure 6.2** *Identification des phases de disponibilité des résultats de l'évaluation.*

On note que la conception préliminaire est l'étape principale du processus où des résultats devraient être fournis par l'outil afin de permettre l'optimisation du design. Ce besoin a été réitéré par des critiques sur les résultats transmis tardivement dans le processus de conception comme le proposait la variante 3. Le gérant de projet a d'abord indiqué que « *le résultat était utile en cours de route et non pas à la fin du processus de conception* » tandis que l'architecte a souligné que « *les résultats de la fin [du processus de conception] ne servent qu'à des fins statistiques* ».

De plus, des commentaires ont précisé que des interventions tôt dans le processus, avant même qu'il n'y ait une conception à évaluer, étaient aussi souhaitables. Premièrement, pour établir les bases du projet comme indiqué par le gestionnaire de projet qui « *aime l'idée d'utiliser [la variante 1] dès la planification puisque, si l'objectif du projet est de concevoir pour [considérer les déchets de CRD], il faut le définir dès le départ [...]* ». Deuxièmement, pour offrir un guide aux concepteurs comme l'indique l'architecte disant qu'« *en tant que personne qui aura à travailler à la planification des projets, l'outil est important dès la planification pour guider les professionnels.* » Bien que planification n'ait pas été mentionné par la majorité des participants à la question 1.7, il semble que les interventions en amont de la conception préliminaire ne soient pas négligeables non plus. Cet écart entre le questionnaire et les commentaires peut être expliqué par le fait que la question spécifiait l'évaluation de la conception, impliquant alors que le processus de conception avait dépassé la phase de planification.

### **6.5.2 Les bénéfices anticipés**

Au niveau de l'effet produit par l'utilisation de l'outil, les quatre bénéfices proposés par la question 1.1, soit l'amélioration de la communication, la sensibilisation des professionnels, l'aide à la prise de décision et l'étalonnage des pratiques ont tous été jugés comme étant



souhaitable par les participants. Toutefois, seulement les trois premiers ont été appuyés par des commentaires lors de la discussion dirigée.

D'abord, le souhait de voir la communication s'améliorer est appuyé par un commentaire du gestionnaire de projet indiquant qu'il *« aime l'idée d'employer la variante 1 faisant [ que] tout le monde comprenne les enjeux, les définitions et ce qui est à faire. [La variante 1] force à discussion et à se comprendre »*. Quant à la sensibilisation des professionnels, le gérant de projet indique *« qu'en commençant très très très tôt dans le processus, l'optique de la variante 1 [...] pouvait conscientiser tout le monde »*. Au niveau de l'aide à la décision, on peut apporter une précision à la réponse du questionnaire, puisqu'il apparaît que l'outil ne devrait pas nécessairement impliquer l'analyse détaillée des choix de conception, mais plutôt, comme l'indique le commentaire de l'architecte, *« jouer un rôle important [...] pour guider les professionnels »*.

Quant au jalonnement des pratiques de l'industrie, ce bénéfice n'a pas été confirmé par les propos tenus lors de la discussion dirigée où les caractéristiques de la variante 3 permettant ce jalonnement n'ont pas été retenues. Une des explications possibles est que les participants aient pu considérer, dans leur réponse à la question, l'étalonnage des pratiques de gestion en chantier c'est-à-dire le pourcentage de détournement des déchets des sites d'enfouissement alors que la question visait l'étalonnage des pratiques de conception. L'unicité des projets mentionnés à plusieurs reprises par les participants ainsi que le commentaire du coordonnateur en développement durable disant *« qu'il est difficile de jalonner la conception [et que] le jalonnement est plus plausible pour la gestion des matières résiduelles en chantier »* laisse croire que cette explication est plausible et que cet élément aurait dû être précisé dans le questionnaire.

### 6.5.3 Les répondants et le porteur

En ce qui a trait aux répondants devant être visés par l'outil, aucune question et aucun thème de discussion ne concernaient directement ce critère. Puisque l'outil doit évaluer la conception, il va de soi que les concepteurs doivent être impliqués dans son utilisation. Toutefois, la nécessité d'impliquer le client apparaît aussi primordiale puisque comme l'explique le gérant de projet « [...] celui qui décide, c'est le client [...], il faut donc convaincre le client [...] pour que les gens adhèrent aux critères qui permettent de réduire les déchets ».

### 6.5.4 Bilan

Les données analysées dans cette section ont permis d'identifier les besoins liés au contexte d'utilisation de l'outil. Comme le montre le Tableau 6.4, on note que les caractéristiques de la variante 1 ont principalement été retenues pour cet aspect du cadre de référence.

Tableau 6.4

Besoins associés au contexte d'utilisation

Critères	Besoins	Variantes rattachées
<b>Phases d'utilisation</b>	Planification; Conception préliminaire	Variantes 1 et 2
<b>Effets</b>	Communication; Sensibilisation Aide à la décision	Variantes 1 et 2
<b>Répondants</b>	Propriétaires; Concepteurs	Variante 1
<b>Porteurs</b>	Propriétaires	Non applicable

Ce tableau résumé met aussi en évidence les liens existants entre les divers besoins spécifiés. En effet, la présence du propriétaire en tant que répondant est liée à l'emploi de l'outil au moment de la planification. Dans ce cas, le propriétaire sera obligatoirement porteur de ce type d'outil en imposant son utilisation. De plus, le type d'aide à la décision souhaité par les participants, sous forme de lignes directrices, implique aussi la participation des propriétaires puisqu'on s'attend à ce que les professionnels soient guidés à partir de ce qui est issu de la phase de planification.

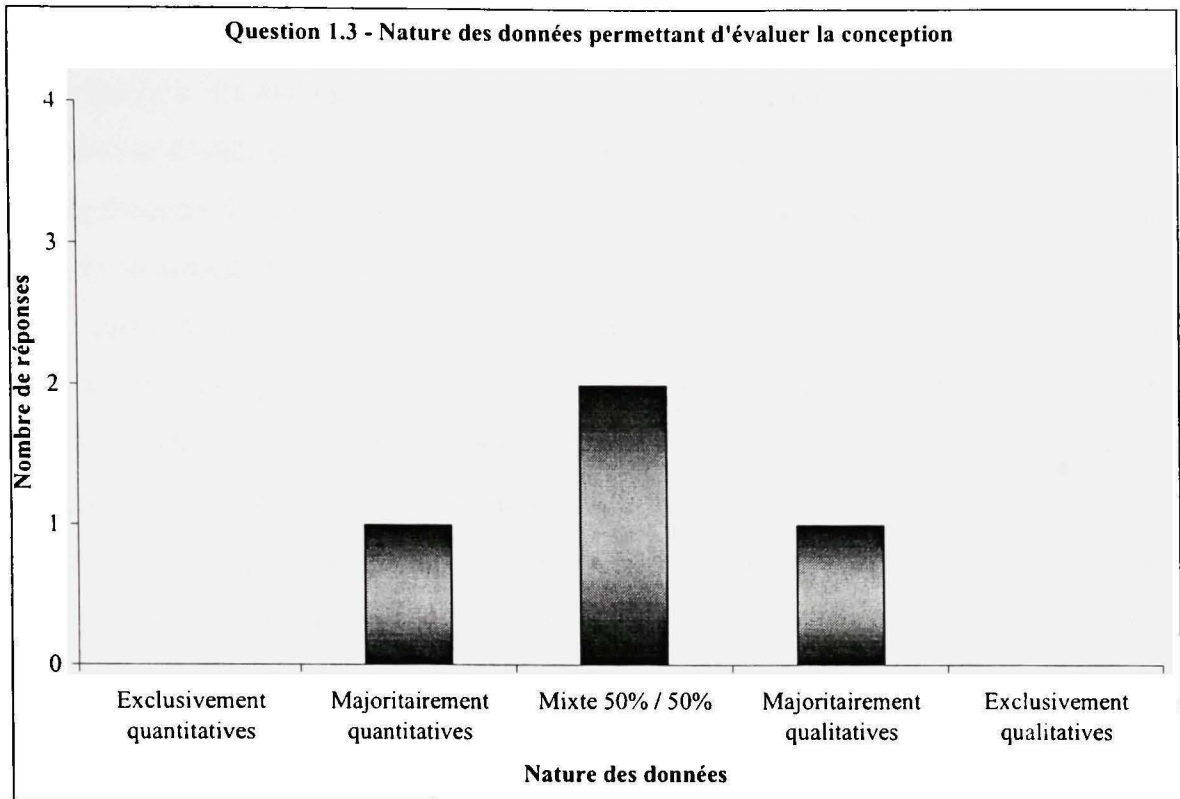
## **6.6 Les besoins associés au fonctionnement de l'outil**

Cette section présente les besoins liés au fonctionnement de l'outil. Plus spécifiquement, ces besoins visent le « Comment », c'est-à-dire l'interaction des répondants avec l'outil. On y traite du type de données à transmettre à l'outil et de leur mode de collecte ainsi que de l'aide à l'utilisateur devant être disponible.

### **6.6.1 Type d'intrants**

La question 1.3 de l'ANNEXE VII visait la nature des données requises pour évaluer la conception. La Figure 6.3 indique la répartition des réponses obtenues





**Figure 6.3 Nature des données visant à évaluer la conception.**

On note d'abord que tous les participants souhaitent travailler avec des données alliant des éléments qualitatifs et quantitatifs. On ne peut conclure sur les proportions, mais on peut présumer qu'un outil requérant des données exclusivement quantitatives ou qualitatives ne serait pas souhaitable. Ceci est appuyé par les réserves émises quant au caractère exclusivement quantitatif de la variante 3, notamment en raison de la couche de travail supplémentaire qu'elle implique. Tel qu'indiqué par le coordonnateur en développement durable, « *la variante 3 peut être lourde [... les quantités] changent au cours du projet et si on demande aux professionnels de calculer [...] 4 fois durant la conception [ce sera] très lourd* ». L'autre réserve implique le phénomène de la chasse aux points décrit par Lützkendorf et Lorenz (2006) faisant en sorte qu'avec une évaluation basée uniquement sur les quantités de matériaux du projet, il est possible de faussement améliorer les résultats de l'évaluation sans que la qualité de la conception ne s'améliore réellement. Par exemple, le gestionnaire de projet indique que « *pour la variante 3, si les quantités changent,*

*l'évaluation change automatiquement. Ça n'indique pas nécessairement que la conception s'est améliorée* ». La dernière réserve concernant la nature quantitative des données porte sur l'impossibilité d'utiliser l'outil avant que la conception ne soit rendue à un stade avancé, ce qui l'empêcherait de répondre au besoin d'être employé dès la planification. Tel que le mentionne le gérant de projet *« pour que ça porte très tôt dans le processus du concept, avant le préliminaire, pour que les grands énoncés soient identifiés, personne ne pourra fournir de données quantitatives à ces étapes [...] »*. Considérant ces inconvénients, les participants spécifient que des données qualitatives sont préférable, conservant toutefois la possibilité de travailler avec certains intrants quantitatifs une fois la conception préliminaire amorcée pour que *« [L'outil puisse] migrer et arriver, à la fin, à un constat plus clair, comme les outils de développement des bâtiments verts le font [...] pour démontrer, si le client le demande, que le bâtiment livré produit le moins de déchets possible »*. Ce commentaire du gérant de projet précise la mixité des données de la question 1.3 pouvant plutôt être vue comme une évolution de l'outil en fonction des phases d'utilisation.

Les commentaires reçus ont aussi permis de définir que, bien que des données qualitatives soient préférables tôt dans le processus, le niveau de détail de l'outil doit quand même être élevé pour que son apport au projet soit efficace. La critique des variantes 1 et 2 par le gérant de projet le démontre :

*« en plus d'évaluer simplement avec une [échelle qualitative] comme la variante 1, on pourrait bonifier avec les mesures montrées dans la variante 3 et les utiliser pour favoriser la discussion [...] Quant à la variante 2, les réponses Oui/Non, c'est trop brutal pour identifier ce qui est visé en fonction du contexte. »*

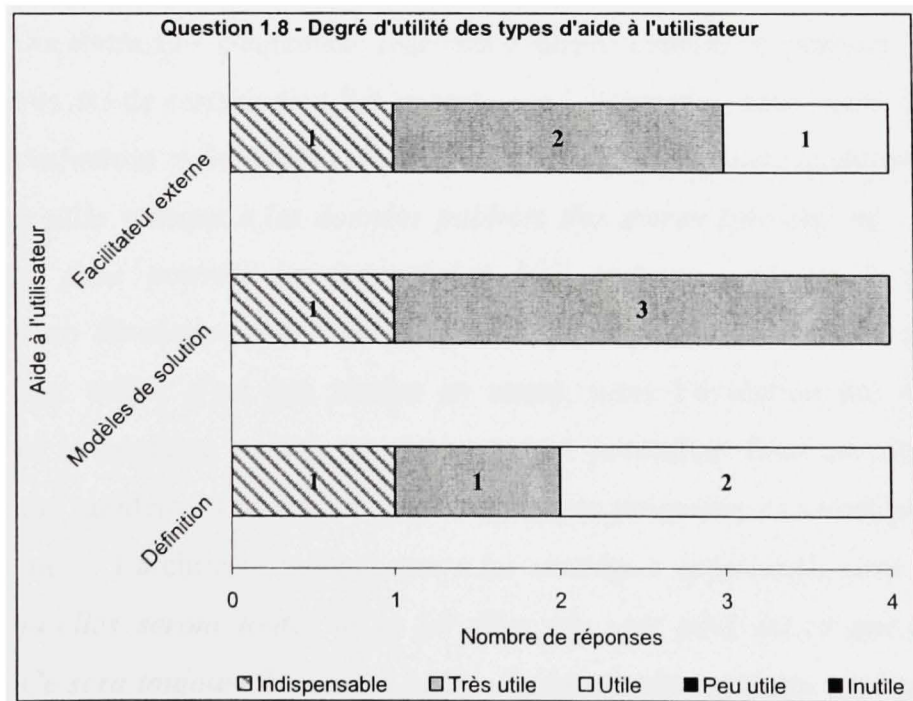
### **6.6.2 La collecte des données**

Maintenant que le type de données requises a été identifié, la question 1.4 de l'ANNEXE VII indique la manière dont on devrait procéder à la collecte de celles-ci. Les réponses obtenues indiquent qu'à un certain moment au cours du processus de conception, la collecte des

données devrait impliquer la tenue d'un atelier de travail, sans toutefois empêcher le fait que l'outil puisse être utilisé individuellement, à l'extérieur de ces rencontres. Cette ligne de pensée est appuyée par le fait que la majorité des participants a préféré le mode de collecte prévu par la variante 1 où, selon le questionnaire de projet, « *la façon qualitative [de travailler] en atelier de travail est intéressante [... pour] discuter des enjeux et établir le vocabulaire* ».

### 6.6.3 L'aide à l'utilisateur

Pour faciliter à la fois la collecte de ces données ainsi que l'utilisation globale de l'outil, la question 1.8 de l'ANNEXE VII apporte de l'information sur le degré d'utilité de trois types d'aide à l'utilisateur, soit la définition des critères d'évaluation, la présentation de modèles de solution ainsi que la présence d'un facilitateur externe. La Figure 6.4 montre l'agglomération des réponses des participants par type d'aide proposé.



**Figure 6.4 Degré d'utilité des types d'aide à l'utilisateur proposé.**



Les réponses obtenues indiquent que les trois types d'aide à l'utilisateur sont au moins jugés utiles par tous les participants. Suite à la présentation des trois variantes, les participants s'entendent sur le fait que les définitions des critères ne représentent pas une aide, mais bien une nécessité afin que le vocabulaire utilisé ait la même signification pour tous les intervenants.

L'utilité d'un facilitateur externe pouvant rythmer et optimiser l'utilisation de l'outil est quant à elle soutenue par le gérant de projet puisque « *sans instructeur [...], sans personne en mesure d'instruire tout le monde, on se perd en conjectures. Ça prend définitivement [...] quelqu'un qui peut instruire un peu tout le monde* ». Cette personne devant « instruire » devrait alors posséder autant des connaissances sur la mécanique de l'outil, que sur l'enjeu des déchets de CRD. À cet effet, le même participant indique que « *le facilitateur externe, c'est principalement le consultant LEED qui va orienter [l'emploi de l'outil] ou le gérant de projet ou l'architecte s'ils sont expérimentés* ».

Quant aux modèles de solution devant être présents dans l'outil, un bémol est apporté aux réponses du questionnaire concernant leur réelle utilité comme le propose la variante 3. L'unicité des projets de construction fait en sorte que l'intégration dans l'outil d'exemples de réalisation de réduction et de gestion des déchets provenant de projets quelconques est jugée plus ou moins utile puisque « *les données publiées des autres [projets] ne vont pas assez dans le détail pour pouvoir les juger selon leur contexte* » comme le mentionne le coordonnateur en développement durable. En ce qui a trait aux stratégies de conception applicables, leur utilité n'est pas remise en cause, mais l'évolution des techniques de construction et le contexte unique de chaque projet pourraient faire en sorte que l'outil devienne périmé rapidement ou encore que les solutions proposées ne soient pas adaptées au projet. À cet effet, l'architecte indique que « *les stratégies applicables sont intéressantes, mais est-ce qu'elles seront toutes là et [si elles n'y sont pas] est-ce que ça va limiter l'innovation. Ce sera toujours à mettre à jour* ». Le besoin de stratégies applicables est donc

présent, mais il faut le traiter de manière à laisser toute la latitude au concepteur en évitant les prescriptions empêchant la réflexion et l'innovation.

#### 6.6.4 Bilan

Les informations obtenues du groupe de discussion concernant le fonctionnement de l'outil indiquent, qu'outre la présence d'aide à l'utilisateur lié à la variante 3, le fonctionnement qualitatif et en atelier de travail prévu par la variante 1 est privilégié. Le Tableau 6.5 résume les choix des participants selon les caractéristiques du cadre de référence.

Tableau 6.5

Besoins associés au fonctionnement

Critères	Besoins	Variantes rattachées
<b>Aide à l'utilisateur</b>	Définitions; Facilitateur externe; Stratégies applicables (sous certaines réserves).	Variantes 1 et 3
<b>Type d'intrants</b>	Qualitatif pouvant évoluer en quantitatif à partir de la conception préliminaire	Variante 1
<b>Collecte des données</b>	Outil utilisable par discipline, mais impliquant des rencontres en atelier de travail.	Variante 1

Pour optimiser la réduction des déchets de CRD à la conception, l'approche qualitative a été préférée bien que le besoin d'avoir un outil comportant un niveau de détail élevé ait été signalé. L'intégration de données quantitatives, dans le seul but d'en arriver à un constat au terme du processus, a été jugée possible, mais les participants ont montré des appréhensions que ce soit par rapport aux ressources à mettre en œuvre pour les utiliser ou relativement à la pertinence des résultats obtenus.

À propos de l'aide à l'utilisateur, le choix des participants d'avoir recours à un facilitateur externe possédant des connaissances en matière de réduction des déchets de CRD pour régir l'utilisation de l'outil va de pair avec un mode de collecte des données en atelier de travail où un individu doit être désigné pour modérer ces réunions. Cette présence semble importante puisque l'unicité des projets de construction, rappelée par les participants, fait en sorte que bien qu'un outil puisse apporter un certain nombre de modèles de solution, celui-ci ne peut pas proposer des stratégies préconçues et valides pour tous les projets. En effet, le caractère particulier des bâtiments implique que les solutions appliquées à un projet « A » pourraient ne pas être applicable, en partie ou en totalité, à un projet « B ». Un travail de recherche et de mise à jour constant est requis à cet effet et ce rôle pourrait être assumé par la ressource externe.

## **6.7 Les besoins associés aux résultats fournis par l'outil**

Cette section porte sur les besoins qu'ont exprimés les participants en regard des résultats qui devraient être fournis par l'outil. On y traite de leur nature, de leur pondération, de la référence utilisée pour les calculer ainsi que de leur présentation.

### **6.7.1 La nature des résultats**

Les réponses à la question 1.5 de l'ANNEXE VII indiquent, qu'au même titre que la nature des intrants à utiliser avec l'outil, les participants désirent obtenir des résultats mixtes alliant des données qualitatives et quantitatives. Toutefois, les choix des participants au cours de la discussion dirigée apportent un bémol sur le besoin réel de résultats quantitatifs. Sans favoriser directement l'aspect qualitatif ou quantitatif, la majorité des participants a affiché des réserves sur les résultats quantitatifs proposés par les variantes 2 et 3.



### 6.7.2 La pondération des enjeux et le calcul des résultats

Les commentaires recueillis montrent que la pondération des enjeux peut jouer plusieurs rôles dans l'utilisation d'un outil et que cette activité est très importante. La question 1.2 de l'ANNEXE VII entendait que la pondération des enjeux n'était qu'un simple facteur multiplicatif permettant d'amplifier ou d'atténuer la performance des critères de conception, comme le proposait la variante 3. Toutefois, les commentaires mettent l'accent sur le rôle de guide que joue cette pondération, qui pourrait aussi être appelé « identification des objectifs ». À ce titre, l'accessibilité de la variante 1 est privilégiée pour que tous les intervenants puissent saisir les niveaux d'importance donnés aux critères. Par contre, le caractère détaillé de la variante 3 est aussi jugé important pour que les objectifs ne demeurent pas vagues. Tel que le mentionne l'ingénieur gestionnaire de projet « *le but de l'outil est de voir si l'on a été capable de l'implanter [la réduction des déchets de CRD]. S'il n'y a pas de note de passage d'établie dès le départ, ça n'amène rien* », il ajoute aussi « *On ne se compare pas à personne, on se compare à soi-même* ». Puisque la pondération des enjeux devient la référence de l'outil, il faut donc, dès la phase de planification, pondérer les critères d'une manière plus détaillée afin d'en arriver à définir des objectifs clairs. Ces objectifs étant ensuite utilisés pour mesurer la performance propre au projet.

### 6.7.3 La présentation des résultats

Allant de pair avec l'importance de la pondération des critères mentionnés au paragraphe précédent, les participants ont préféré des résultats permettant de suivre l'évolution de la conception par rapport aux objectifs initiaux. D'abord, le graphique de la variante 1 affichant la performance du projet (Figure VIII.6 - ANNEXE VIII) a été jugé utile afin de guider les efforts à mettre dans la conception puisque, tel que l'indique l'architecte « *la barre [de performance] indique où il y a plus de potentiel à aller chercher, c'est visuel* ». À ce sujet, les résultats pouvant être interprétés facilement ont été préférés. Le graphique de type RADAR de la variante 1 (Figure VIII.5 - ANNEXE VIII) a aussi été retenu parce qu'il

« permet de savoir où on va [en établissant] ce qu'on avait prévu et où on en est à l'évaluation ».

Par contre, les résultats visant plus loin que l'amélioration immédiate du projet n'ont pas été jugés pertinents. En effet, la base de connaissances pouvant être constituée à partir des fiches d'information de la variante 2 (Figure IX.4 - ANNEXE IX) et l'étalonnage prévu par les cotes de performance de la variante 3 (Figure X.5 - ANNEXE X) ne montrent pas de potentiel selon les participants. L'unicité des projets fait en sorte que ce qui a été fait sur un projet ne pourrait pas nécessairement être utilisé ou comparé sur un autre. Comme le gérant de projet l'indique « *Chaque projet est unique [...] ce n'est pas répétitif. Il faut éviter de dire : on a fait ça comme ça ailleurs et on va refaire pareil* ».

#### 6.7.4 Bilan

Comme le montre le Tableau 6.6 résumant les besoins liés aux résultats, les caractéristiques de la variante 1 ont encore une fois été préférées par les participants tout en signalant que la précision offerte par la variante 3 était aussi requise.

Tableau 6.6

Besoins associés aux résultats

Critères	Besoins	Variantes rattachées
<b>Référence</b>	Objectifs du projet.	Variante 1
<b>Type de résultat</b>	Principalement qualitatif;	Variante 1
<b>Calcul</b>	Pondération par catégories de critères; Pondération par critères	Variantes 1 et 3
<b>Présentation</b>	Présentation par critères; Agglomération par catégorie de critère; Graphiques; Tableau.	Variantes 1 et 2

Le besoin le plus important de cet aspect de l'outil est la possibilité de faire référence aux objectifs du projet pour procéder à son évaluation. La réponse à ce besoin a des répercussions sur la pondération qui doit être détaillée tout en étant réalisée tôt dans le projet. Par le fait même, la présentation des résultats est aussi influencée et doit rendre possible la comparaison entre l'état de la conception et les objectifs établis. Pour ce qui est de la nature de ces résultats, la préférence accordée à l'aspect qualitatif et les appréhensions montrées pour des résultats quantitatifs concordent avec une utilisation de l'outil tôt dans le processus de conception où des données quantitatives ne sont pas toujours disponibles.

## 6.8 Facteurs visant l'intégration de l'outil

Bien que les instruments de mesure et que la discussion aient été dirigés spécifiquement sur les critères du cadre de référence définissant l'ergonomie de l'outil, d'autres informations qui n'étaient pas directement cherchées ont été trouvées. Celles-ci concernent les facteurs favorisant l'intégration de l'outil à des projets réels.

Par les commentaires obtenus, on note que le rejet de l'outil par le public cible est un risque majeur que l'on doit considérer lors du développement d'un nouvel instrument. Pour atténuer cette résistance au changement, la simplicité des interventions de l'outil semble être un atout. Comme le mentionne le gérant de projet, « *pour laisser les mentalités évoluer, il faut commencer par un outil très simple et le bonifier ultérieurement* ». De plus, pour masquer cette nouveauté qui pourrait freiner l'utilisation de l'outil, le coordonnateur en développement durable indique « *qu'en faisant des liens avec les outils de gestion qui existent déjà, il est plus facile [...] de le vendre aux utilisateurs* ».

De plus, on note que l'on doit être en mesure de justifier l'utilité de l'outil au projet, tant au niveau de son ergonomie que de son contenu technique. Pour son ergonomie, le coordonnateur en développement durable indique « *qu'il faut tenter de rejoindre le plus*



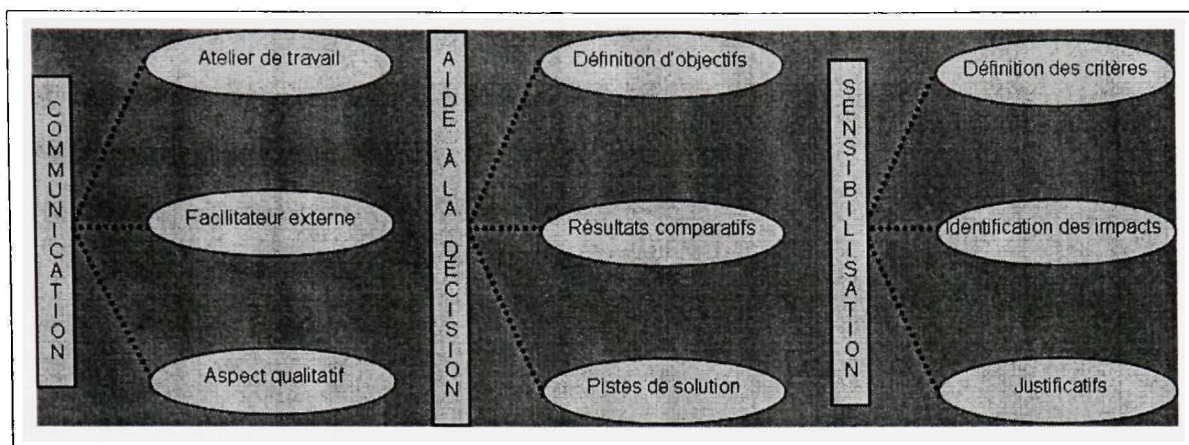
*d'intervenants possible dans un projet pour ne pas que l'outil soit rejeté par la majorité »* tandis que pour son contenu technique, le gérant de projet mentionne que *« l'outil devrait être capable de justifier les critères de conception avec des arguments qualitatifs autres que l'impact réduction des déchets de CRD tels les délais, les coûts et la mise en œuvre pour que les intervenants adhèrent au principe. »*

Enfin, les participants ont exprimé que l'intégration de l'aspect quantitatif des coûts dans l'outil ne serait pas favorable à son acceptation. Désirant obtenir un outil qui intervient tôt dans le processus de conception, le gestionnaire de projet indique qu'on ne saurait de quels coûts tenir compte. Cette ligne de pensée est corroborée par le gérant de projet affirmant *« qu'en incluant la composante coût, la première réaction va être de rejeter les idées en disant que ça coûte trop cher ».*

On retient d'abord que, pour faciliter l'intégration de l'outil, il faut viser des interventions simples pouvant être associées à des éléments de gestion habituels. Bien que simples, ces interventions doivent afficher un niveau de détail relevé pour être utile au projet. Il faut aussi que l'outil ait un pouvoir de convaincre les décideurs pour justifier son emploi.

## **6.9 Cohérence des besoins et des bénéfices anticipés**

Dans les sections précédentes, les besoins ont été identifiés individuellement en fonction des critères du cadre de référence, sans toutefois valider la cohérence des données recueillies. La Figure 6.5 montre la cohérence qui a été notée entre les besoins identifiés aux différents aspects du cadre de référence et les bénéfices que voudraient retirer les participants suite à l'utilisation de l'outil en vertu des réponses fournies aux questions 1.1 et 1.6 portant sur les effets que devrait produire l'outil (voir ANNEXE VII).



**Figure 6.5** *Cohérence des besoins identifiés et des bénéfices souhaités.*

D'abord, on note que l'amélioration de la communication, jugée comme étant souhaitable aux questions 1.1 et 1.6, est soutenue par le mode de collecte des données impliquant des rencontres entre les intervenants et la présence d'un facilitateur externe faisant en sorte que la discussion soit plus efficace. De plus, le type d'intrants préférés, plutôt qualitatif, tend à favoriser la discussion par rapport à l'utilisation de données quantitatives.

Ensuite, l'aide à la décision, assimilée à un rôle de guide, est principalement soutenue par le besoin d'établir des objectifs pour que ceux-ci soient utilisés comme repères afin d'évaluer la conception. Il en va de même pour la présentation des résultats offrant la possibilité de comparer l'état de la conception par rapport aux objectifs de départ et ainsi permettre aux concepteurs d'identifier les éléments du design à améliorer. Enfin, on retrouve le rôle de guide de l'outil alors que certains des participants, malgré des réserves, souhaitent que l'outil et le facilitateur externe puissent apporter des pistes de solution afin d'orienter la réflexion des concepteurs.

Quant à la capacité de l'outil de pouvoir sensibiliser les professionnels à l'enjeu des déchets de CRD, elle est soutenue par le fait qu'il doit contenir un aspect informatif définissant les critères et identifiant les impacts potentiels sur le projet. Toutefois, cette sensibilisation est

limitée au niveau du projet visé par l'outil. Aucun souhait n'a été exprimé selon lequel des retours d'expériences d'autres projets viennent éduquer les professionnels et ainsi les sensibiliser à un niveau plus large.

Au niveau du jalonnement des pratiques, on note que cet apport de l'outil n'est pas souhaité par les participants. Le choix d'évaluer le projet par rapport à ses propres objectifs et de limiter les informations provenant des autres projets similaires dans l'outil appuie cette volonté.

Bien que la majorité des choix des participants soient cohérents, on note tout de même certaines contradictions. Les principales proviennent des réponses obtenues à la question 1.6 visant à identifier l'utilité des résultats. À cette question, les participants ont souhaité que les résultats leur permettent d'analyser quantitativement les choix de conception. Ce choix n'a aucunement fait surface dans les commentaires où le possible volet quantitatif de l'outil a été limité au simple constat en fin de projet. À cette même question, les participants n'ont pas fourni de réponses permettant de tirer des conclusions sur l'utilité de pouvoir suivre la progression de la performance atteinte par la conception. Toutefois, le souhait de pouvoir fixer des objectifs et de s'y mesurer en cours de projet a clairement été exprimé au cours de la discussion dirigée qui a suivi.

Les commentaires permettant d'apporter plus de nuances aux réponses du questionnaire, cette question a possiblement été mal exprimée ou mal comprise. Le fait de présenter les variantes aux participants leur a aussi peut-être permis de reconsidérer leur réponse et pour cette raison, on assiste à quelques ambiguïtés. De plus, pour l'ensemble des réponses, comme il a été expliqué, les choix sont cohérents. Pour ces raisons, on exclura les réponses contradictoires obtenues à la question 1.6 portant sur la nature quantitative des résultats et on considérera les commentaires apportant plus de poids et de précision.



## 6.10 Concordance des besoins identifiés et des éléments de la littérature

Cette dernière analyse vise à vérifier que les besoins émis par les quatre participants concordent avec les éléments identifiés dans la littérature. Aucune étude ne portant spécifiquement sur le développement d'outils visant l'enjeu des déchets de CRD, on se rabat sur l'analyse de Cole (2005) portant sur l'évaluation globale des bâtiments et sur celle de Lützkendorf et coll. (2006) concernant les outils traitant de leur caractère. L'enjeu des déchets de CRD faisant généralement partie de tels types d'outils comme on l'a expliqué au début de l'étude, certaines conclusions de ces analyses peuvent s'appliquer à notre contexte. Le Tableau 6.7 synthétise les besoins identifiés à partir du groupe de discussion pour les comparer aux recommandations relevées dans la littérature.

Tableau 6.7

Analyse comparative – groupe de discussion versus littérature

	Critères	Besoins du groupe de discussion	Éléments favorables à intégrer dans les outils (littérature)
Contexte d'utilisation	Phases d'utilisation	Planification; Conception préliminaire.	Accompagner la phase de planification (2)
	Effets	Communication; Sensibilisation; Aide à la décision.	Non discuté
	Répondants	Propriétaires; Concepteurs	Non discuté directement
	Porteurs	Propriétaires	Non discuté
Fonctionnement	Aide à l'utilisateur	Définitions; Facilitateur externe; Stratégies applicables.	Accompagné de séances de formation (2); Proposer des modèles de solutions pour les planificateurs et les concepteurs (1) (2); Définir les enjeux et les critères d'évaluation (1).
	Type d'intrants	Qualitatif pouvant évoluer en quantitatif à partir de la conception préliminaire.	Limiter la quantité de données à utiliser (1).

	Critères	Besoins du groupe de discussion	Éléments favorables à intégrer dans les outils (littérature)
	<b>Collecte des données</b>	Outil utilisable par discipline, mais impliquant des rencontres en atelier de travail.	Voir le critère « Aide à l'utilisateur »
<b>Résultats</b>	<b>Référence</b>	Objectifs du projet.	Éviter la chasse aux points (1); Permettre de formuler les objectifs du propriétaire (2).
	<b>Type de résultat</b>	Principalement qualitatif.	Limiter le degré de connaissances requis à la compréhension de l'évaluation (1).
	<b>Calcul</b>	Pondération par enjeux; Pondération par critères.	Non discuté
	<b>Présentation</b>	Présentation par critères; Agglomération par enjeu; Graphiques; Tableau.	Résultats résumés et facilement compréhensibles (1) (2); Permettre de générer des rapports (2).

**Légende :** 1 : Recommandations de Cole (2005) 2 : Recommandations de Lützkendorf et coll. (2006)

Au niveau du contexte d'utilisation, on note que le besoin d'utiliser l'outil tôt dans le processus d'élaboration du projet est présent dans les deux camps. Lützkendorf et coll. (2006), sans indiquer que les propriétaires devraient être impliqués dans l'utilisation de l'outil, prônent une utilisation en cours de planification qui par défaut, impliquera le propriétaire ou du moins, son gestionnaire. Pour cet aspect de l'ergonomie, on peut donc affirmer que les besoins des participants du groupe de discussion concordent à ceux identifiés dans la littérature.

En ce qui a trait au fonctionnement de l'outil, on note une forte concordance. L'aide souhaitée pour les utilisateurs est pratiquement la même. Pour les définitions des critères et la proposition de stratégies applicables, tous abondent dans le même sens. Par ailleurs, Lützkendorf et coll. (2006) spécifie que des séances de formation sont souhaitables, ce qui pourrait être associé à la présence d'un facilitateur externe lors des ateliers de travail. Quant au type d'intrant, Cole (2005) ne fait pas référence à la nature des données, mais plutôt à la quantité à utiliser. On peut toutefois indiquer que la limitation des données à fournir peut rejoindre les propos du groupe de discussion voulant que l'outil soit simple à utiliser.

Enfin, les résultats que les auteurs et le groupe de discussion souhaitent obtenir d'un outil sont aussi similaires. Les recommandations de Lützkendorf et coll. (2006), signalant que l'outil devrait être en mesure de spécifier les objectifs du propriétaire, appuient le besoin du groupe de discussion d'avoir accès à un outil calculant des résultats à partir de cibles propres au projet. Le seul bémol à apporter au niveau des résultats porte sur la recommandation que l'outil puisse générer des rapports. Bien que les participants du groupe de discussion aient souhaité que l'outil génère des graphiques, ils ont rejeté les fiches résumées de la variante 2 (Figure IX.4 - ANNEXE IX), s'apparentant à des rapports d'avancement.

La littérature et le groupe de discussion se rejoignant en plusieurs points, on considérera donc les besoins identifiés avec ces professionnels du bâtiment, résumés au Tableau 6.7, afin de poursuivre avec le développement de l'outil.

## **6.11 Conclusion**

Ce chapitre a d'abord permis de présenter la démarche et les instruments de mesure utilisés pour identifier les besoins des utilisateurs cibles d'un outil spécifique à l'enjeu des déchets de CRD. Ensuite, ces besoins ont été exposés en s'appuyant sur les commentaires recueillis auprès des professionnels consultés. Pour apporter plus de poids à la démarche, deux analyses montrant la cohérence interne et externe des besoins identifiés ont été effectuées.

Pour intégrer l'enjeu des déchets de CRD à un projet au cours de la conception, il ressort que les professionnels consultés ont besoin d'un outil étant en mesure de guider le travail des concepteurs par rapport à des objectifs qui tiennent compte de l'unicité des projets. Un outil flexible permettant de fixer des objectifs précis le plus tôt possible dans le projet pour ensuite en vérifier l'atteinte en cours de conception est un élément important signalé par les participants. Pour y parvenir, les professionnels consultés ont exprimé une préférence pour un outil qualitatif pouvant être utilisé en atelier de travail et dirigé par une ressource externe. De cette manière, la communication serait favorisée entre les intervenants du projet. Pour



guider le travail des concepteurs, ils ont exprimé le besoin d'avoir accès à des résultats graphiques facilement compréhensibles et permettant de jauger l'état de la conception par rapport aux objectifs initiaux. Dans l'esprit de guider le travail des concepteurs, l'outil devrait aussi être en mesure d'apporter des éléments de solution en cours de conception, sans toutefois favoriser les prescriptions limitant l'innovation. Par ailleurs, la prise en compte des déchets de CRD en cours de conception étant relativement récente, il a été signalé que l'outil devrait contenir des éléments d'informations permettant d'abord d'établir un langage commun, mais aussi de justifier son emploi. Reconnaisant l'émergence de cet enjeu, le prochain chapitre proposera un outil spécifique aux déchets de CRD intervenant en cours de conception en s'appuyant sur les besoins identifiés suite à la consultation de professionnels de l'industrie.

## **CHAPITRE 7**

### **CONCEPT DE L'OUTIL PROPOSÉ ET PROTOTYPE**

#### **7.1 Introduction**

L'objectif de cette section est de présenter le concept et le prototype d'un outil visant à réduire les déchets de CRD en guidant les concepteurs au travers du processus d'élaboration d'un bâtiment. L'analyse d'outils existants destinés à l'industrie de la construction effectuée au CHAPITRE 3, jumelée à la recherche documentaire exposée au CHAPITRE 5, ont permis d'identifier des critères de conception visant à réduire les déchets de CRD et de préparer les instruments de mesure dirigeant les propos d'un groupe de discussion sur divers aspect de l'ergonomie des outils. Formé de professionnels de l'industrie du bâtiment, ce groupe de discussion a permis de définir, au CHAPITRE 6, les besoins des utilisateurs cibles de l'outil. S'appuyant sur ces éléments et considérant ce qui a déjà été exposé aux CHAPITRE 3 et CHAPITRE 5, on peut dès lors proposer le concept de l'outil qui nous permettra de répondre à la question de recherche qui elle, cherchait à définir l'ergonomie et le contenu technique d'un outil spécifique aux déchets de CRD et adapté au secteur du bâtiment. Pour illustrer le concept proposé, la structure et l'interface du prototype implémenté avec l'application EXCEL seront d'abord exposées. Les objectifs du concept de l'outil seront ensuite présentés en fonction des phases d'interventions prévues. Pour terminer, on exposera en détail la méthodologie de travail que le concept de l'outil propose de suivre en s'appuyant sur des captures d'écran tirées du prototype.

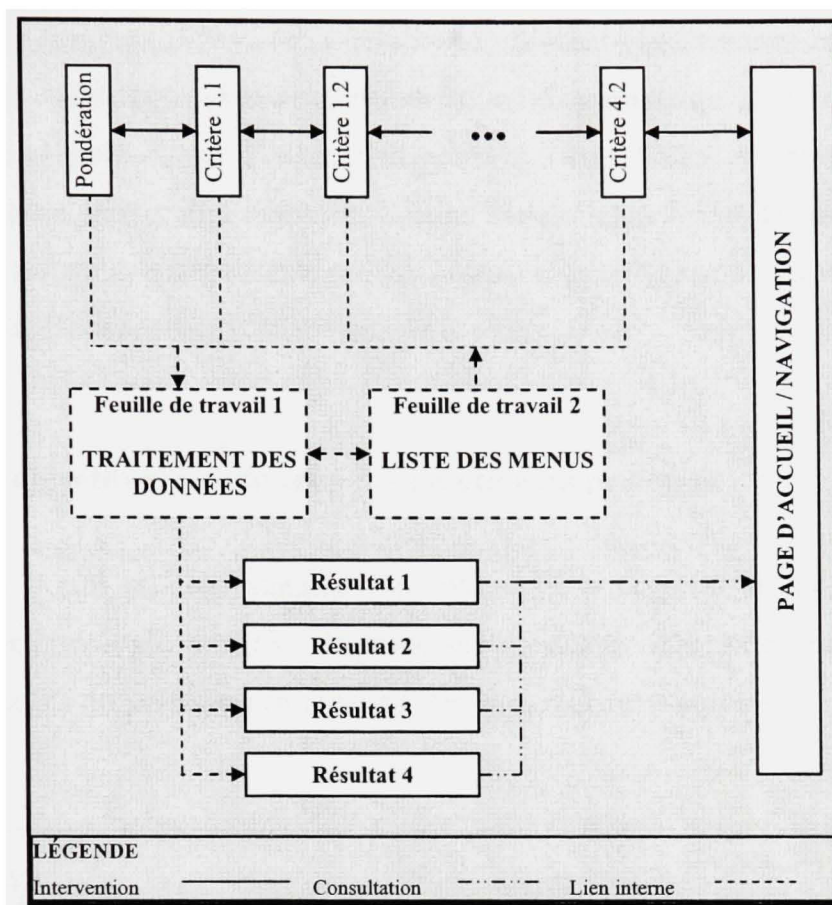
#### **7.2 Structure et interface du prototype**

L'élaboration du prototype de l'outil proposé avait pour but d'illustrer la manière dont les besoins identifiés pouvaient être intégrés sur un support informatique. La traduction des

besoins sur un tel support était aussi utile pour montrer le fonctionnement du concept de l'outil et ultérieurement, pour le valider.

Pour réaliser le prototype, les 16 critères de conception retenus au Tableau 5.6 ont été implémentés dans un chiffrier EXCEL. Chaque critère prévoit être employé selon la méthodologie décrite à la section 7.3 et est traité sur une feuille de travail du chiffrier. La feuille de travail porte le nom et le numéro du critère. Pour permettre aux utilisateurs de naviguer dans le prototype, des boutons ont été programmés avec la fonction d'enregistrement de macro de EXCEL. Une page d'accueil constituée d'hyperliens permet de naviguer au travers des différents critères et résultats fournis par le prototype. La Figure 7.1 montre la structure du chiffrier. Les cases blanches représentent les feuilles EXCEL du chiffrier.





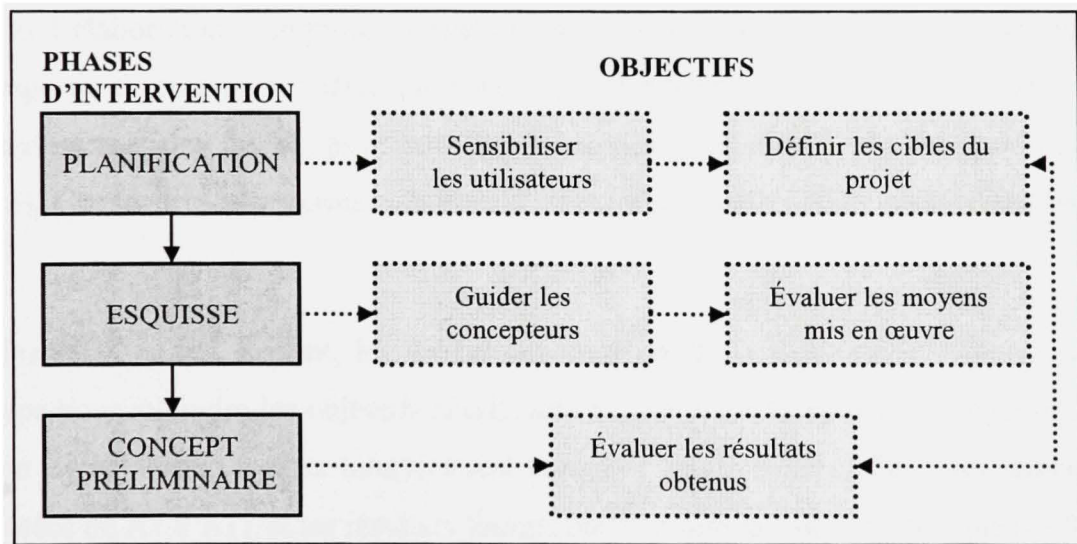
**Figure 7.1 Structure du chiffrier EXCEL.**

Les données à entrer par l'utilisateur dans le chiffrier ont été limitées et simplifiées. En effet, la transmission des données se fait exclusivement par le biais de menus déroulants et de compteurs intégrés aux cellules des feuilles de travail. Aucune entrée alphanumérique n'est requise. Les cellules exigeant une entrée de données sont identifiées par la couleur grise. Deux feuilles de travail permettent de récupérer les données provenant des menus déroulants, de les traiter et de produire les résultats. Des fonctions de EXCEL tel « VLOOKUP » et les fonctions logiques « IF » et « COUNTIF » sont utilisés pour agencer les données et calculer les résultats qui sont produits à partir des modèles standards de graphique contenu dans l'application EXCEL. En aucun cas, les utilisateurs n'ont à intervenir sur les feuilles de calcul qui effectuent le traitement des données.

L'utilisation de EXCEL a permis de construire un chiffrier généralement accessible puisque la majorité des utilisateurs visés connaissent cette application. Par contre, une telle implémentation ne permet pas d'obtenir un prototype sans failles et limite quelque peu la flexibilité et la convivialité de l'interface. Notons toutefois que le but de ce projet n'était pas d'implémenter un outil pouvant être utilisé à grande échelle, mais plutôt de proposer un prototype, ce que l'application EXCEL permet d'effectuer.

### 7.3 Les objectifs et les phases d'intervention du prototype

Le concept de l'outil proposé suggère des critères de conception devant être évalués en suivant une méthodologie intégrée au processus de design d'un bâtiment. La Figure 7.2 montre les objectifs du prototype en fonction des phases d'interventions.



**Figure 7.2** *Phases d'interventions et objectifs du prototype.*

Le prototype prévoit des interventions au moment de la planification, du développement des esquisses et du concept préliminaire. La première intervention du prototype se situe vers la fin de la planification, c'est-à-dire à l'étape de la définition du projet. Selon le processus de

conception habituellement suivi dans l'industrie, c'est à ce moment que les critères de design architecturaux et environnementaux sont définis, permettant ainsi de donner les premières directives aux concepteurs (Direction des immobilisations, 2005). À ce moment, le prototype vise à sensibiliser les acteurs du projet pour ensuite leur permettre de fixer des objectifs en matière de réduction des déchets de CRD. Une fois cette étape franchie, le prototype intervient au cours du développement des esquisses, défini comme étant la phase où les concepts d'architecture et d'ingénierie sont élaborés et où une estimation précise à  $\pm 15\%$  est possible (Direction des immobilisations, 2005). À cette phase, le prototype vise à guider les concepteurs en identifiant des pistes de réflexion et à évaluer les moyens mis en œuvre en regard des objectifs établis, et ce, jusqu'à ce que les dispositions prises dans les esquisses soient jugées satisfaisantes. À la phase du concept préliminaire, que l'on définit par l'étape où les choix se précisent pour atteindre, une fois le concept élaboré, une estimation précise à  $\pm 10\%$  (Direction des immobilisations, 2005), le prototype vise à évaluer la conception et ainsi vérifier l'atteinte des objectifs émis lors de la planification. Le fait de viser ces trois étapes de l'élaboration d'un projet permet de répondre au besoin identifié par les participants du groupe de discussion à l'effet que l'outil doit intervenir tôt dans le processus. C'est aussi un premier pas franchi pour rattacher le concept de l'outil à des éléments de gestion existants, c'est-à-dire aux phases courantes d'un projet et ainsi faciliter son intégration.

Dans les sections qui suivent, les différentes activités de la méthodologie prescrite par le prototype pour atteindre les objectifs décrits à la Figure 7.2 sont expliquées et regroupées en fonction de la phase où elles interviennent dans le processus de design. Les activités sont numérotées de A1 à A11 et les résultats fournis par le prototype portent les numéros R1 à R4. Pour illustrer cette méthodologie, l'exemple d'un critère de conception portant sur la minimisation des matériaux de finition est présenté avec des captures d'écran du prototype de l'outil. Tous les critères contenus dans le prototype sont présentés à l'ANNEXE XI.

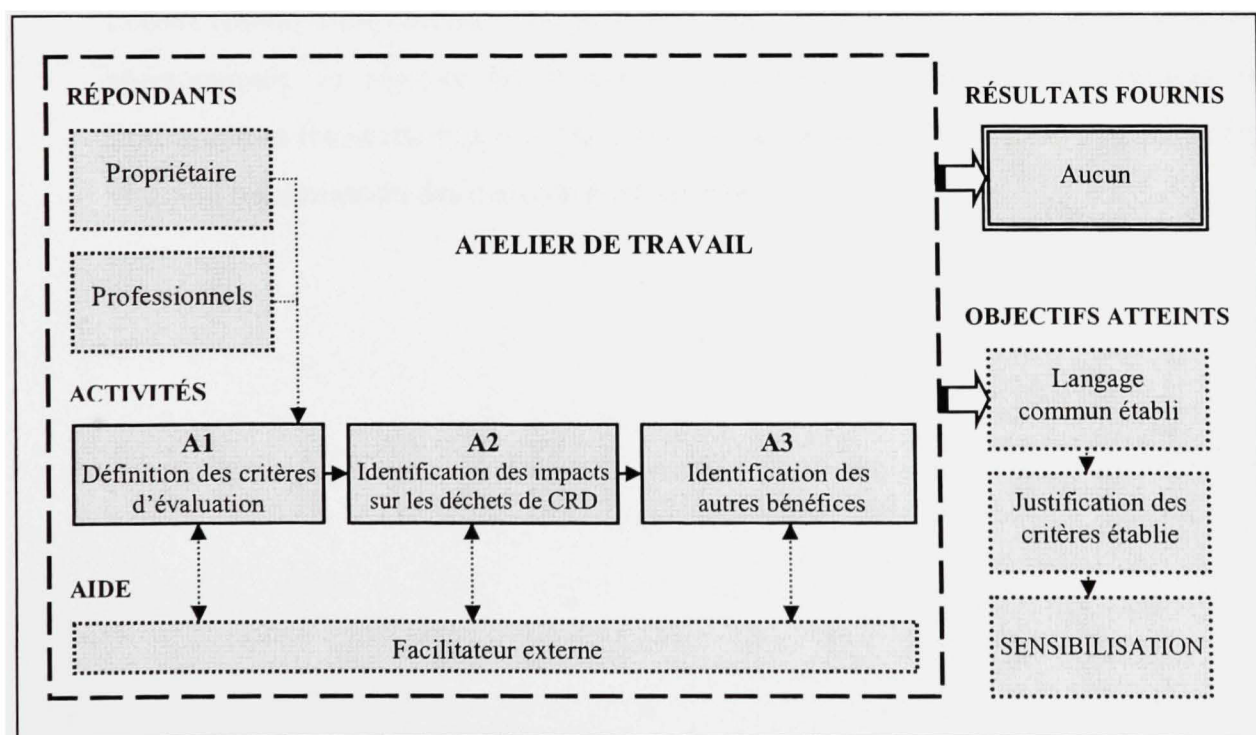


### 7.3.1 Planification

L'objectif des interventions du prototype à l'étape de planification est d'abord de sensibiliser le propriétaire ainsi que les professionnels à l'enjeu des déchets de CRD pour ensuite leur permettre de fixer des cibles propres au projet.

#### 7.3.1.1 Sensibilisation des répondants

La sensibilisation des intervenants est importante afin de procéder à une mise à niveau sommaire en début de projet. À ce titre, les outils d'évaluation des bâtiments tels LEED et HQE définissent les critères et les enjeux évalués. Les professionnels consultés lors du groupe de discussion ont aussi émis le besoin d'établir le vocabulaire lié à l'enjeu. Pour procéder à cette sensibilisation des acteurs du projet, le prototype prévoit réaliser les activités A1 à A3 représentées dans le contexte de la Figure 7.3.



**Figure 7.3 Intervention en planification – Sensibilisation des intervenants.**

**A1,2,3** À cette étape, des éléments du contenu technique de l'outil défini au CHAPITRE 5 visent à informer les acteurs. Pour ce faire, trois activités sont proposées par le prototype. La première définit les critères d'évaluation, permettant ainsi de cerner leur portée (A1). Le prototype indique ensuite aux utilisateurs les impacts de chacun de ces critères sur la production de déchets au cours du cycle de vie du bâtiment (A2). Enfin, de manière qualitative, le prototype présente des arguments identifiant des bénéfices potentiels qu'offre la mise en œuvre des différents critères de conception, et ce, au niveau des coûts, des délais de réalisation ainsi que pour l'opération du bâtiment (A3). Pour faciliter le déroulement de ces activités, la tenue d'un atelier de travail dirigé par un facilitateur externe ayant un minimum de connaissance en construction durable est proposée. Dans le cas d'un projet LEED, cette ressource externe pourrait être le professionnel accrédité LEED. Cette présence répond au besoin du groupe de discussion souhaitant qu'une personne puisse « instruire » les intervenants. Elle va aussi dans le sens d'une recommandation de Lützkendorf et Lorenz (2006) indiquant qu'il est préférable que l'implantation d'un nouvel outil soit accompagnée de séances de formation. La Figure 7.4 montre un exemple de l'information transmise aux répondants par le prototype pour le critère de conception visant la minimisation des matériaux de finition.

### 1.1 Minimisation des matériaux de finition

#### Définition:

Par matériaux de finition, on considère les matériaux servant de revêtement muraux, de plancher, de plafond et de divers éléments de structure.

#### Impact sur la réduction des déchets de CRD:

La minimisation des matériaux de finition favorise la réduction des déchets de CRD à deux étapes du cycle de vie des bâtiments. D'abord, au moment de la construction en réduisant les déchets dû à la fabrication de matériaux neufs ainsi que par la réduction des résidus de coupes liés à la pose de ces matériaux. Ensuite, lors de la rénovation ou de la démolition du bâtiment, par la réduction des quantités de résidus à traiter.

#### Bénéfices possibles:

A court terme, la minimisation des matériaux de finition a une incidence à la baisse sur les coûts d'achats des matériaux puisque les quantités sont réduites. Pour les mêmes raisons, les délais de réalisation des travaux de finition sont aussi réduits. À long terme, les coûts de maintenance s'en trouveront aussi réduits et les travaux de rénovation, s'il y a lieu, s'en trouveront simplifiés en raison d'une quantité de matériaux moindre à traiter.

**Figure 7.4 Capture d'écran A1 @ A3 - Informations transmises par le prototype.**

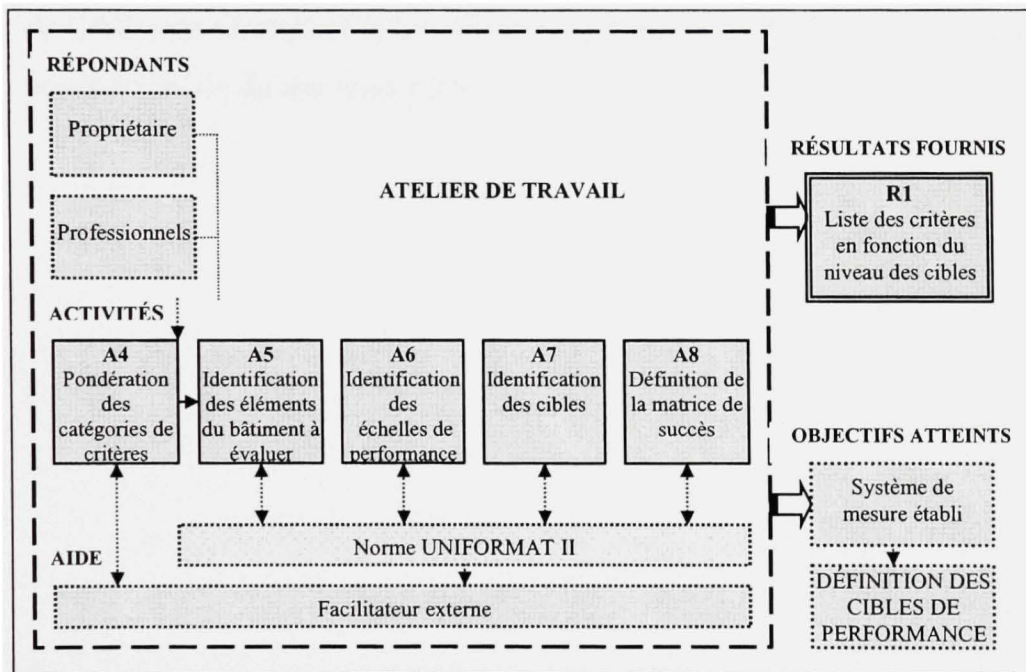
Ces trois premières activités réalisées en atelier de travail visent à sensibiliser les professionnels en établissant un langage commun. Pour être en mesure d'aller de l'avant avec le prototype et optimiser son utilisation, cette séance d'information est requise. En effet, avant d'être en mesure de fixer des objectifs en matière de réduction des déchets de CRD, il faut d'abord que tous soient sensibilisés sur ce qu'impliquent les critères adoptés pour la suite de la conception.

#### 7.3.1.2 Définition des cibles du projet

Encore une fois, rappelons que les pratiques liées à la réduction des déchets de CRD dès la conception n'en sont qu'à leur début. Contrairement à l'enjeu de l'efficacité énergétique par exemple, où des codes et normes volontaires tels Novoclimat (Agence de l'efficacité énergétique, 2003; Conseil national de recherche du Canada, 2007) définissent les bonnes pratiques, aucune référence ne permet de jauger la conception en matière de réduction et de gestion des déchets de CRD. Toutefois, selon les participants du groupe de discussion, de



telles références pour l'industrie seraient difficiles à définir et possiblement inutiles en raison du caractère unique des solutions requises à chaque projet. Par contre, sans système de référence, il devient ardu d'établir si oui ou non l'enjeu des déchets de CRD a été intégré au projet et à quel niveau il l'a été. À ce titre, les commentaires issus du groupe de discussion faisaient état d'un besoin d'établir une note de passage propre au projet. Pour cette seconde intervention du prototype, il s'agit de mettre sur pied un système de référence adaptable aux contextes uniques des projets de bâtiment. Pour procéder à la définition de ces références, le prototype propose de réaliser les activités A4 à A8 représentées dans le contexte de la Figure 7.5.



**Figure 7.5 Intervention en planification – Définition des cibles.**

- A4.** Ayant été informés des impacts et des implications des critères de conception, les répondants doivent d'abord s'entendre sur l'importance relative des quatre catégories de critère contenu dans le prototype pour amorcer la définition du système de référence propre au projet. Comme le montre la Figure 7.6, le prototype demande de répartir 24 points<sup>13</sup> entre les catégories. Si les répondants accordent la même importance aux catégories, les points seront répartis également. De plus, le fait de limiter le nombre de points à répartir fait en sorte que la démarcation entre les différentes catégories est plus nette que si, par exemple, 48 points devaient être répartis. Cette activité permet d'amorcer la définition du système de référence à un haut niveau. Ainsi, les premières lignes directrices concernant l'enjeu des déchets de CRD sont identifiées et les priorités du projet sont établies, ce qui permettra aux concepteurs de diriger leurs efforts.

---

<sup>13</sup> Un tel système de pondération des enjeux est employé avec l'outil d'évaluation DQI (Design Quality Indicator) en Angleterre. Dans le cadre de cette recherche, le nombre de points devaient être un multiplicatif de quatre afin de permettre aux usagers d'accorder une importance égale aux quatre catégories de critères.

PLANIFICATION	
Pondération des catégories de critères	
CATÉGORIE	POINTS
<b>1. MINIMISATION DES MATÉRIAUX</b> La minimisation des matériaux constituant un bâtiment permet de réduire les déchets de CRD sur toutes les étapes de son cycle de vie. Avant même que la construction ne débute, le fait de réduire la demande en matériaux réduit les déchets liés à leur fabrication. Lors de la construction, les déchets liés, entre autres, à l'emballage et aux résidus de coupes des matériaux évités, sont évités. À l'étape de la maintenance, les besoins de remplacement de ces matériaux sont réduits et moins de déchets sont envoyés vers l'enfouissement. Enfin, lors de la rénovation ou de la démolition du bâtiment, un volume moindre de débris de démolition est généré.	11
<b>2. PRÉVISION DU CYCLE DE VIE</b> La prévision du cycle de vie d'un bâtiment dès sa conception permet de réduire les déchets de CRD lors de rénovations ultérieures ou lors de la démolition. Les différents éléments constituant le bâtiment pourront alors plus facilement être détournés des sites d'enfouissement parce que la conception, à l'aide de différentes dispositions, aura prévu la réutilisation, la récupération ou le recyclage de ces éléments.	2
<b>3. FACILITATION DE LA GESTION EN CHANTIER</b> Le fait de tenir compte de la gestion des déchets en chantier dès la conception permet de réduire le volume de déchets envoyés aux sites d'enfouissement sur une étape du cycle de vie du bâtiment : la construction. Les déchets n'ayant pu être évités à la source sont ainsi traités et dirigés vers les filières appropriées.	7
<b>4. ESPRIT DU CONTRAT</b> Les clauses contractuelles liées aux déchets de CRD ont un impact sur la gestion et sur le contrôle effectué en chantier lors d'une étape du cycle de vie : la construction. Des clauses contractuelles appropriées permettent de s'assurer que le détournement des déchets des sites d'enfouissement sera compris et respecté.	4
<b>Somme</b>	<b>24</b>
	Pointage OK

**Figure 7.6 Capture d'écran A4 –  
Pondération des catégories de critères.**

- A5.** Pour définir plus précisément le système de référence et être en mesure de cibler des objectifs précis et mesurables, les utilisateurs doivent connaître l'objet qui sera mesuré. Pour ce faire, le prototype définit, pour chaque critère, les éléments du bâtiment où les efforts de réduction des déchets de CRD seront suivis et mesurés. À cet effet, le prototype fait référence à la classification UNIFORMAT II régie par la norme ASTM E-1557-02 (Charette et Marshall, 1999). UNIFORMAT II regroupe les composantes d'un bâtiment selon trois niveaux de détail comme le montre la Figure 7.7 pour les éléments intérieurs.



Level 1 Major Group Elements	Level 2 Group Elements	Level 3 Individual Elements
C INTERIORS	C10 Interior Construction	C1010 Partitions C1020 Interior Doors C1030 Fittings
	C20 Stairs	C2010 Stair Construction C2020 Stair Finishes
	C30 Interior Finishes	C3010 Wall Finishes C3020 Floor Finishes C3030 Ceiling Finishes

**Figure 7.7 Classification UNIFORMAT II.**  
(Tiré de Charette et coll., 1999)

Selon le degré de détail permis par le critère visé, le prototype propose d'évaluer les éléments du bâtiment en faisant référence à un des trois niveaux. Le fait d'utiliser cette classification permet de définir en détail ce qui est considéré par l'outil, apportant ainsi de la précision aux objectifs du projet, ce qui avait été jugé souhaitable par le groupe de discussion. De plus, l'utilisation de UNIFORMAT II permet de rattacher le concept de l'outil à une méthode généralement connue et utilisée dans le processus d'élaboration des projets de construction au Québec (Direction des immobilisations, 2005), ce qui pourrait faciliter son intégration.

- A6.** Le prototype définit ensuite trois seuils de performance (Passable, Bien, Très Bien) qui seront utilisés pour évaluer les efforts de réduction des déchets de CRD à chacun des éléments du bâtiment préalablement identifiés par UNIFORMAT. Pour chaque niveau du seuil, la performance attendue est définie et un nombre de points allant d'un à trois y est associé. Pour agglomérer les évaluations individuelles des éléments du bâtiment et ainsi obtenir la performance globale du critère, une échelle allant aussi de Passable à Très Bien est établie. La Figure 7.8 montre l'ensemble du système de référence pour un critère. Ce principe d'évaluation est adapté de l'outil HQE et il demeure qualitatif, répondant ainsi au besoin du groupe de discussion.
- A7.** Une fois le système de référence établi, les répondants doivent spécifier la cible visée en fonction de l'échelle de performance du critère, comme le montre la

Figure 7.8. À cette étape, le répondant doit fournir au chiffrier le niveau de la cible (Ne considère pas, Passable, Bien, Très Bien) à l'aide d'un menu déroulant.

Seuil	Définition			
PASSABLE (1 pt)	Une faible proportion de la surface de la catégorie visée accessible au public ne nécessite pas de matériaux de finition.			
BIEN (2 pts)	Une proportion modérée de la surface de la catégorie visée accessible au public ne nécessite pas de matériaux de finition.			
TRES BIEN (3pts)	Une proportion significative de la surface de la catégorie visée accessible au public ne nécessite pas de matériaux de finition.			

Catégorie / Performance agglomérée	C2020 - Finis escalier	C3010 - Finis mur	C3020 - Finis plancher	C3030 - Finis plafond
Passable	Minimum 3 Points (Plus de 70% des catégories doivent être PASSABLE ou ÉQUIVALENT)			
Bien	Minimum 7 Points (Plus de 50% des catégories doivent être BIEN + 0% des catégories inférieures à PASSABLE ou ÉQUIVALENT)			
Très Bien	Minimum 11 Points (Plus de 50% des catégories doivent être TRES BIEN + 0% des catégories inférieures à BIEN)			

L'objectif visé est :

**Bien**

Ne considère pas  
 Passable  
**Bien**  
 Tres bien

**Figure 7.8 Capture d'écran A5 @ A7 – Cibles et critères de succès.**

- A8.** Après avoir défini la cible du critère, les répondants doivent indiquer en détail la manière dont ils s'y prendront pour l'atteindre. Pour ce faire, le prototype demande de définir la « matrice de succès envisagée » de la Figure 7.9 qui consiste à indiquer le niveau de performance attendu pour chacun des éléments UNIFORMAT visés par le critère. L'objectif global du critère étant celui par rapport auquel l'état de la conception sera évalué ultérieurement, la matrice de succès n'est présente que pour donner des directives plus détaillées aux concepteurs dès le début du processus; un besoin qui avait été identifié par le groupe de discussion. Elle permet aussi de s'assurer que les répondants sont conscients de ce qu'implique le niveau de performance visée sur les différents éléments du bâtiment. Si la matrice envisagée permet d'atteindre l'objectif établi, le chiffrier indique « OK », sinon la mention « À REVOIR » apparaît.

MATRICE DE SUCCÈS ENVISAGÉE				
Catégorie / Performance	C2020 - Finis escalier	C3010 - Finis mur	C3020 - Finis plancher	C3030 - Finis plafond
Passable				X
Bien	X	X	X	
Très Bien		X		
Vérification de la conformité				OK

**Figure 7.9 Capture d'écran A8 – Définition de la matrice de succès.**

**R1.** Une fois ces activités réalisées, le prototype offre un premier résultat. En plus des matrices de succès, l'application informatique permet de classer les critères en fonction du niveau des cibles et d'en extraire des listes. Ces premiers résultats, survenant avant le début des esquisses et pouvant être consultés tout au long de la conception font office de guide ou de directives pour les concepteurs et visent à optimiser les efforts en fonction des priorités établies.

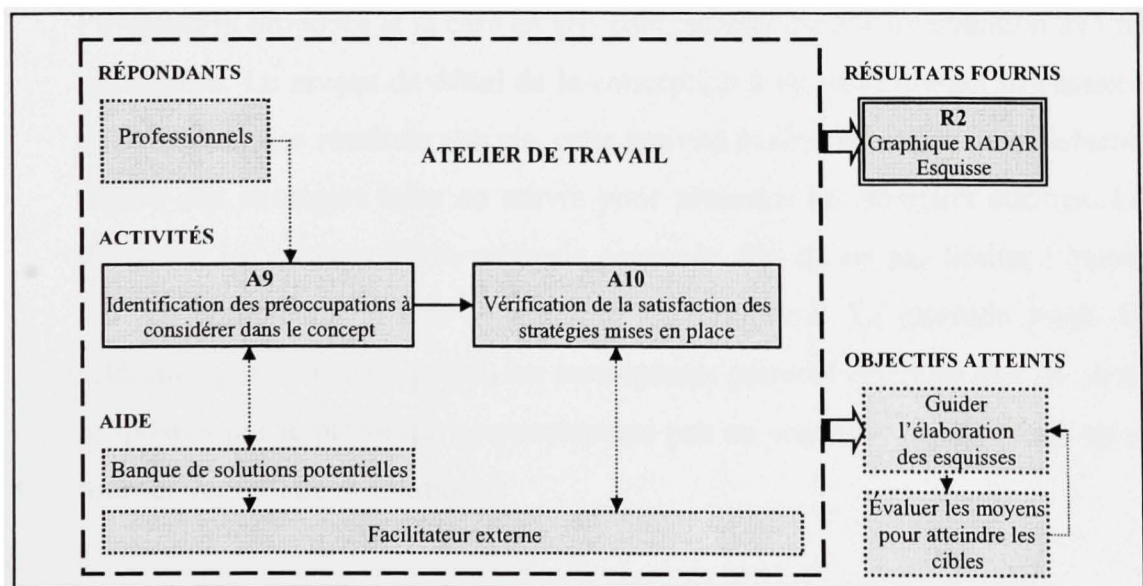
En résumé, cette intervention du prototype à la phase de planification a comme finalité la définition des cibles de performance propres au projet en matière de réduction des déchets de CRD. Avant d'en arriver à ce point, un système de référence flexible qui permet de mesurer la performance selon le contexte du projet doit être établi. Par l'identification des éléments du bâtiment visés et par la définition d'échelles de performance, c'est ce que le prototype propose. De plus, le fait de procéder à la définition des objectifs en atelier de travail où les professionnels et le propriétaire sont présents permet d'engager ce dernier sur l'enjeu, ce qui peut avoir un effet considérable puisqu'il est le principal décideur du projet. Enfin, les premiers résultats, bien que sommaires, permettent d'amorcer la conception en ayant des priorités établies. On verra maintenant ce que le concept de l'outil propose en cours de développement des esquisses.



### 7.3.2 Esquisse - Guidance et évaluation de moyen

L'objectif des interventions du prototype, à cette étape où les professionnels doivent développer des concepts et où une multitude de solutions sont possibles, est de guider la réflexion des concepteurs vers des stratégies leur permettant de réduire les déchets de CRD en fonction des cibles émises.

Ce rôle de guide est assuré dans la majorité des outils d'évaluation des bâtiments tels LEED et HQE sous la forme de listes de stratégies applicables. Sans dénier l'utilité de telles listes, il est ressorti du groupe de discussion que des stratégies préconçues pourraient freiner la mise en place de nouvelles solutions adaptées au contexte du projet. Toutefois, à ce moment dans la conception où les décisions influencent l'ensemble du cycle de vie du projet, la capacité de pouvoir guider la recherche de solutions demeure un élément important. Visant à laisser le plus de latitude possible pour ne pas limiter l'innovation, le prototype propose de guider les professionnels en réalisant les deux activités dans le contexte représenté à la Figure 7.10.



**Figure 7.10 Intervention en développement des esquisses - Évaluation de moyen.**

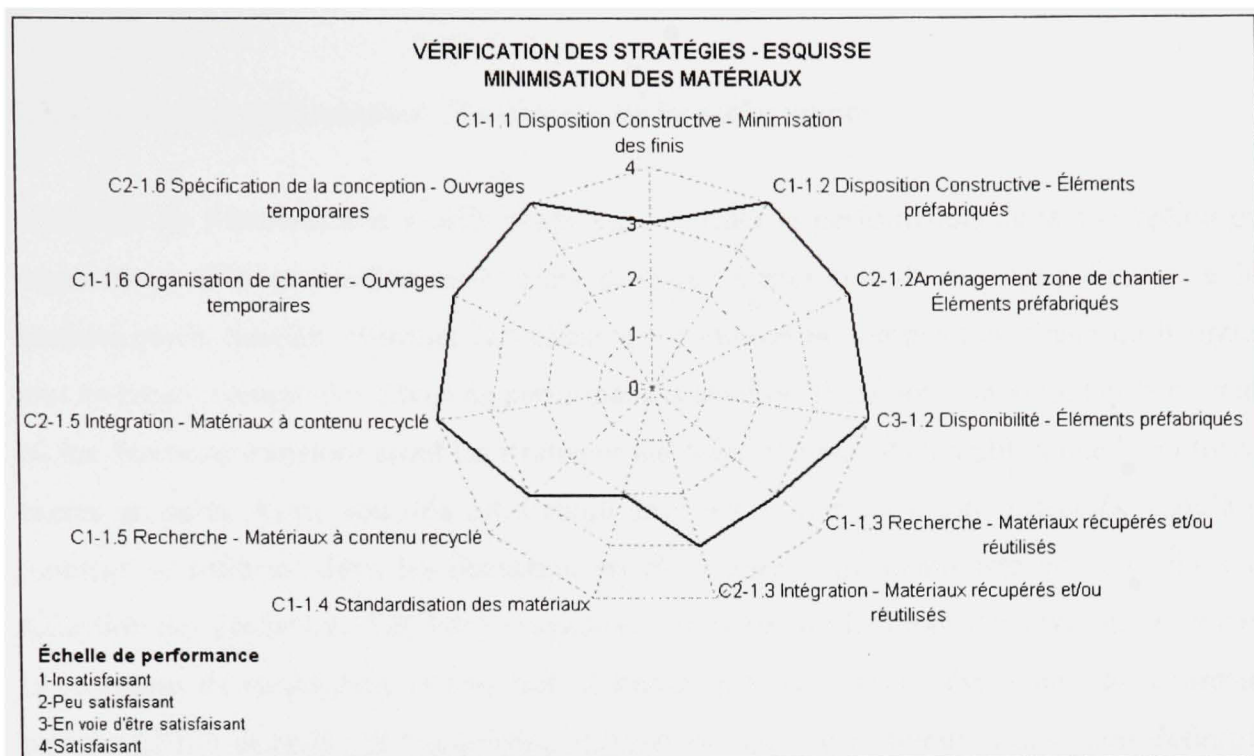
- A9.** Pour chaque critère, le prototype identifie des préoccupations, sous forme de pistes de réflexion, qui devraient être considérées lors de l'élaboration du concept. Comme le montre la Figure 7.11, pour chaque préoccupation identifiée, des exemples de stratégies pouvant s'appliquer sont proposés aux concepteurs. En ce sens, le prototype ne peut être considéré comme étant complet et présentant toutes les préoccupations et solutions possibles. C'est pourquoi il est proposé de réaliser cette activité avec un facilitateur externe ayant des connaissances en gestion des déchets de CRD. Cette activité tend donc à remplir partiellement le rôle de guide en orientant la réflexion des concepteurs.
- A10.** Une fois la réflexion orientée et les concepts en cours d'élaboration, le prototype prévoit un suivi périodique permettant de vérifier le niveau de satisfaction des stratégies intégrées aux esquisses en regard des objectifs qui ont été fixés. Ce niveau de satisfaction peut être insatisfaisant, peu satisfaisant, en voie d'être satisfaisant ou satisfaisant et justifié. Le suivi, réalisé en atelier de travail pourrait être intégré à des réunions de coordination de la conception. La Figure 7.11 montre l'évaluation proposée et la case en gris pâle indique qu'une intervention de l'utilisateur est requise. Le niveau de détail de la conception à ce stade n'étant pas assez élevé pour évaluer des résultats atteints, cette activité évalue le niveau de satisfaction en regard des stratégies mise en œuvre pour atteindre les objectifs établies. Le fait d'évaluer les moyens est la méthode proposée afin de ne pas limiter l'innovation tout en complétant le rôle de guide de du prototype. La question posée faisant référence aux cibles du projet, les concepteurs peuvent conclure que les stratégies proposées par le prototype ne conviennent pas au contexte, les obligeant ainsi à se tourner vers d'autres solutions

Préoccupations	
C1-1.1	Assurer des dispositions constructives ne nécessitant pas de matériaux de finition supplémentaires
<u>Exemple de stratégies à mettre en place:</u>	
Privilegier les enduits et peintures	
Privilegier les types de structures pouvant être apparente	
Spécification de la qualité de finition des matériaux de structure	
En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?	
<div> <div>En voie d'être satisfaisant</div> <div> <div>Insatisfaisant</div> <div>Peu satisfaisant</div> <div><b>En voie d'être satisfaisant</b></div> <div>Satisfaisant et justifiée</div> </div> </div>	

**Figure 7.11 Capture d'écran A9&A10–Préoccupations et évaluation de moyen.**

**R2.** Au terme de chaque évaluation périodique, le prototype génère un résultat prenant la forme du graphique radar de la Figure 7.12. Ce graphique résume toutes les préoccupations d'une même catégorie de critères. Le radar est composé d'une cible et de l'état actuel du niveau de satisfaction que procurent les esquisses. La cible visée pour cette évaluation de moyen est bien entendu que les stratégies mises de l'avant soient satisfaisantes pour chacune des préoccupations. Cette cible est représentée par une ligne pointillée à la circonférence du radar. L'état actuel des esquisses provient des réponses données par les répondants à l'activité A10. De cette manière, le radar permet d'identifier facilement les préoccupations devant faire l'objet d'une attention particulière pour la suite du développement des esquisses, guidant ainsi le travail des professionnels vers les critères présentant des faiblesses. Ce type de graphique ayant été apprécié par le groupe de discussion pour sa compréhensibilité suit aussi les recommandations de Cole (2005) sur le développement des nouveaux outils où des résultats résumés et facilement compréhensibles sont souhaitables.



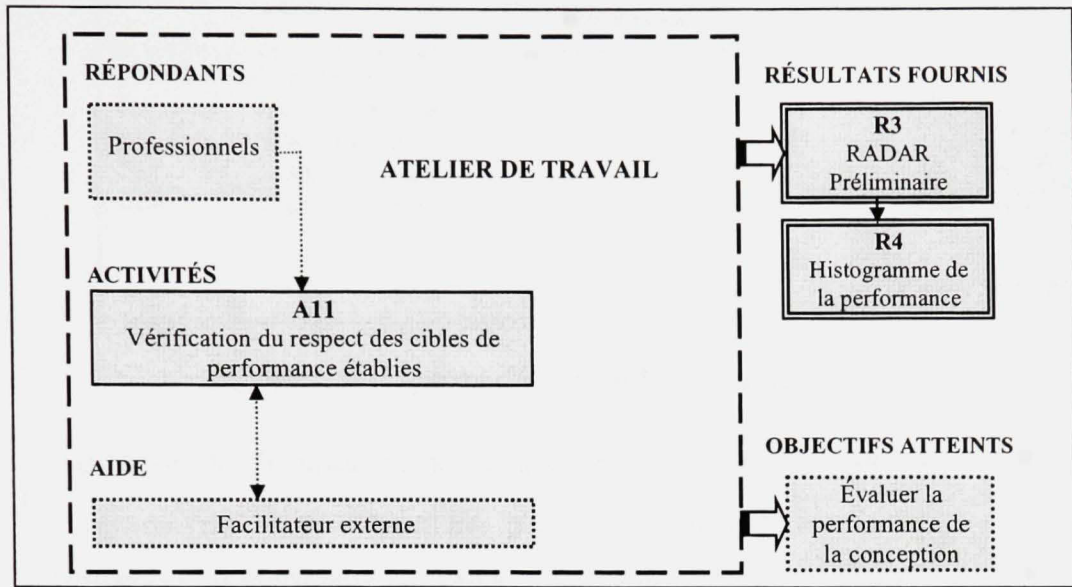


**Figure 7.12 Capture d'écran R2 – RADAR de l'évaluation de moyen.**

En résumé, les interventions du prototype au cours du développement des esquisses visent à orienter la réflexion des professionnels en identifiant des préoccupations devant être considérées lors de l'élaboration du concept et en proposant des modèles de solutions applicables. Ensuite, en évaluant le niveau de satisfaction des stratégies proposées, le prototype tend à guider les concepteurs en vérifiant si le concept est sur la bonne voie pour atteindre les objectifs. Les radars associés à cette évaluation indiquent les éléments à améliorer. De cette manière, cette intervention oblige les concepteurs à analyser les stratégies mises en œuvre par rapport aux particularités du projet et ainsi proposer des solutions adaptées. Cette manière de procéder amène une structure au développement des esquisses et offre un suivi permettant d'apporter des correctifs tôt dans le projet avant que les changements ne deviennent plus coûteux. Bien sûr, cette évaluation de moyen demande une honnêteté de la part des répondants. La présence d'une ressource externe à cette étape, en plus d'apporter des connaissances supplémentaires, aide à obtenir cette impartialité.

### **7.3.3 Concept préliminaire - Évaluation de la performance**

L'objectif de l'intervention à cette phase est d'évaluer la performance de la conception par rapport aux cibles préalablement établies. Lors de l'élaboration du concept préliminaire, les professionnels doivent effectuer des choix qui dicteront la composition finale du bâtiment tout en tenant compte des cibles de performances établies. Il est donc important qu'à ce stade où les décisions transformeront les stratégies adoptées en résultats tangibles, que le prototype exerce un suivi. Ainsi, son rôle est d'abord de s'assurer que les efforts effectués jusqu'à ce moment se reflètent dans les décisions prises et ensuite de démontrer que les cibles de réduction des déchets de CRD sont respectées. De telles vérifications des résultats si tôt dans le processus de conception ne sont pas courantes dans les outils d'évaluation des bâtiments comme LEED et HQE où l'évaluation survient en cours d'élaboration des plans définitifs, voire même lors de l'exécution. Toutefois, le groupe de discussion a signalé le besoin d'être évalué en cours de conception pour que les résultats permettent d'effectuer le suivi de l'état de cette conception. Les intrants requis pour l'évaluation étant principalement qualitatifs, le niveau de détail offert par la phase préliminaire devrait être suffisant. Le prototype propose donc de réaliser cette activité dans le contexte de la Figure 7.13.



**Figure 7.13 Intervention en concept préliminaire - Évaluation des résultats.**

- A11.** Pour cette dernière activité, le prototype réfère au même système de référence qu'à la phase de planification (Figure 7.8), c'est-à-dire aux sections du bâtiment définies par la norme UNIFORMAT. Tout comme à la phase des esquisses, le prototype prévoit des évaluations périodiques en atelier de travail pouvant être synchronisées aux réunions de coordination de la conception. Comme le montre la Figure 7.14, cette évaluation établit la performance atteinte par la conception préliminaire pour chaque composante du bâtiment visée par le critère. La zone ombragée indique l'intervention de l'utilisateur. Les points associés au niveau de performance allant de zéro pour une performance « Médiocre » à trois pour une performance « Très Bien », permettent d'agglomérer les évaluations individuelles. En additionnant et en comparant ce nombre de points à l'échelle du critère, le prototype indique la cote du critère. À ce moment, l'évaluation de moyen devient une évaluation de résultat. Dans le cas de la Figure 7.14, le critère aurait atteint 6 points selon l'échelle de performance montrée à la Figure 7.8, ce qui correspond à une performance « Passable » et inférieure à l'objectif « Bien » de la Figure 7.5



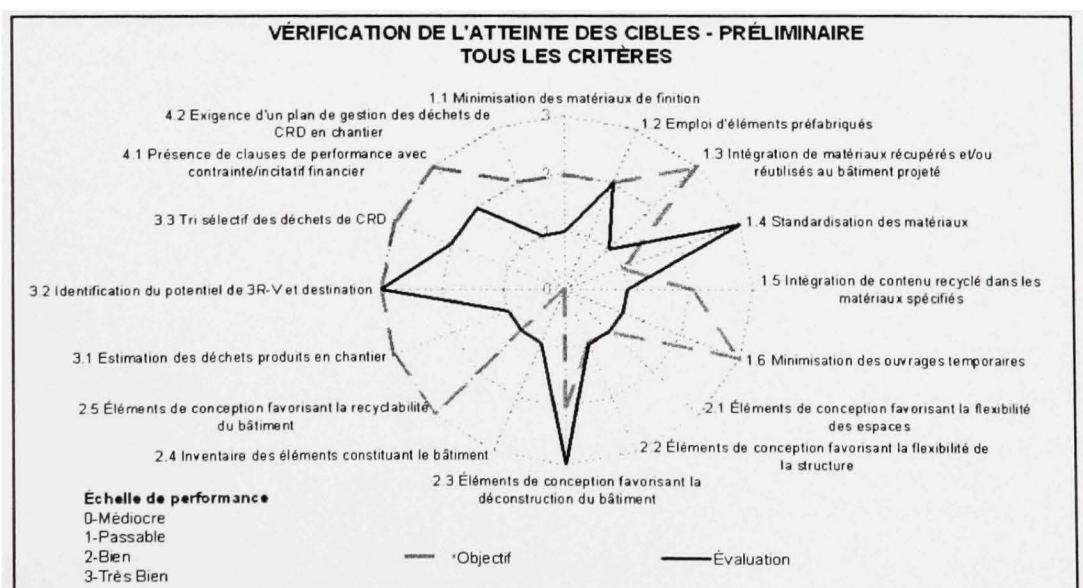
Performance	
En fonction des critères de succès identifiés à la planification, comment jugez-vous la conception quant à la minimisation des matériaux de finition au niveau de:	
1.1.1	C2020 - Finis escalier
1.1.2	C3010 - Finis mur
1.1.3	C2020 - Finis plancher
1.1.4	C2020 - Finis plafond

Mediocre  
Passable  
Bien  
Tres Bien

Mediocre  
Passable  
Bien  
Tres Bien

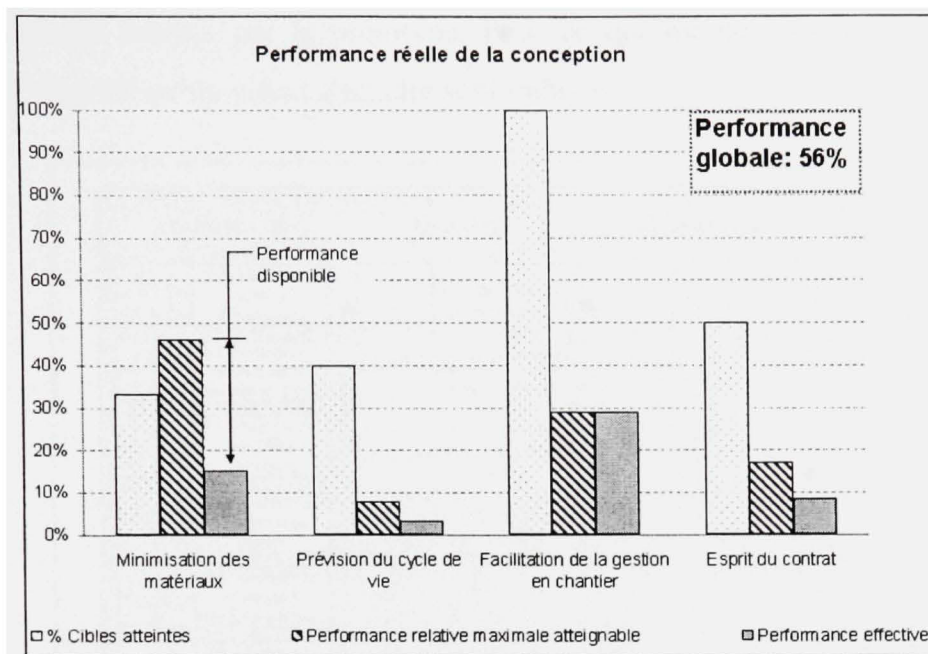
**Figure 7.14 Capture d'écran A11 – Évaluation de résultats.**

**R3.** Au terme de l'évaluation, le radar de la Figure 7.15 synthétise tous les critères contenus dans le prototype. Ce graphique permet de comparer l'état actuel de la conception préliminaire par rapport aux cibles émises en planification. Sur un seul radar, les concepteurs sont donc en mesure de cibler les critères où les objectifs ne sont pas atteints, répondant ainsi au besoin du groupe de discussion voulant que l'évaluation devait se faire par rapport aux priorités du projet. Pour le critère cité en exemple (1.1 Minimisation des matériaux de finition), on note qu'il n'atteint pas la cible voulue. Une telle évaluation est utile pour réagir avant de passer aux dessins d'exécution, mais aussi pour faire rapport du respect des cibles au propriétaire du bâtiment.



**Figure 7.15 Capture d'écran R3 – RADAR de l'évaluation de résultats.**

**R4.** Un autre graphique prend en considération la pondération des catégories de critères définis à la planification (activité A4). Cet histogramme renseigne sur la performance du projet. Ce graphique considère que si 100 % des objectifs sont atteints, la performance du projet est de 100 %. La performance relative pouvant être atteinte par chaque catégorie de critère est représentée par la pondération préalablement effectuée. Pour chaque groupe de critères, cette performance atteignable est indiquée par la 2<sup>e</sup> colonne de chaque catégorie sur le graphe de la Figure 7.16. La 1<sup>re</sup> colonne montre le pourcentage de cibles atteintes pour les critères de la catégorie visée. La multiplication de ces deux pourcentages, montrée par la 3<sup>e</sup> colonne, indique la contribution à la performance globale du projet de cette catégorie. Cette méthode de calcul est employée par l'outil DQI afin d'afficher la performance globale du projet. Toutefois, la donnée la plus intéressante est l'écart entre la performance atteinte et la performance atteignable (colonne 2 et 3) indiquant ainsi aux concepteurs dans quelles catégories de critère l'amélioration de la conception aura le plus d'impact sur la performance globale du projet. La sommation des troisièmes colonnes de chaque catégorie donne ce pourcentage de performance globale. Cet histogramme vise à orienter les efforts lorsque des compromis doivent être effectués en cours de conception permettant ainsi de favoriser les priorités établies en début de projet.



**Figure 7.16 Capture d'écran R4 – Histogramme de performance.**

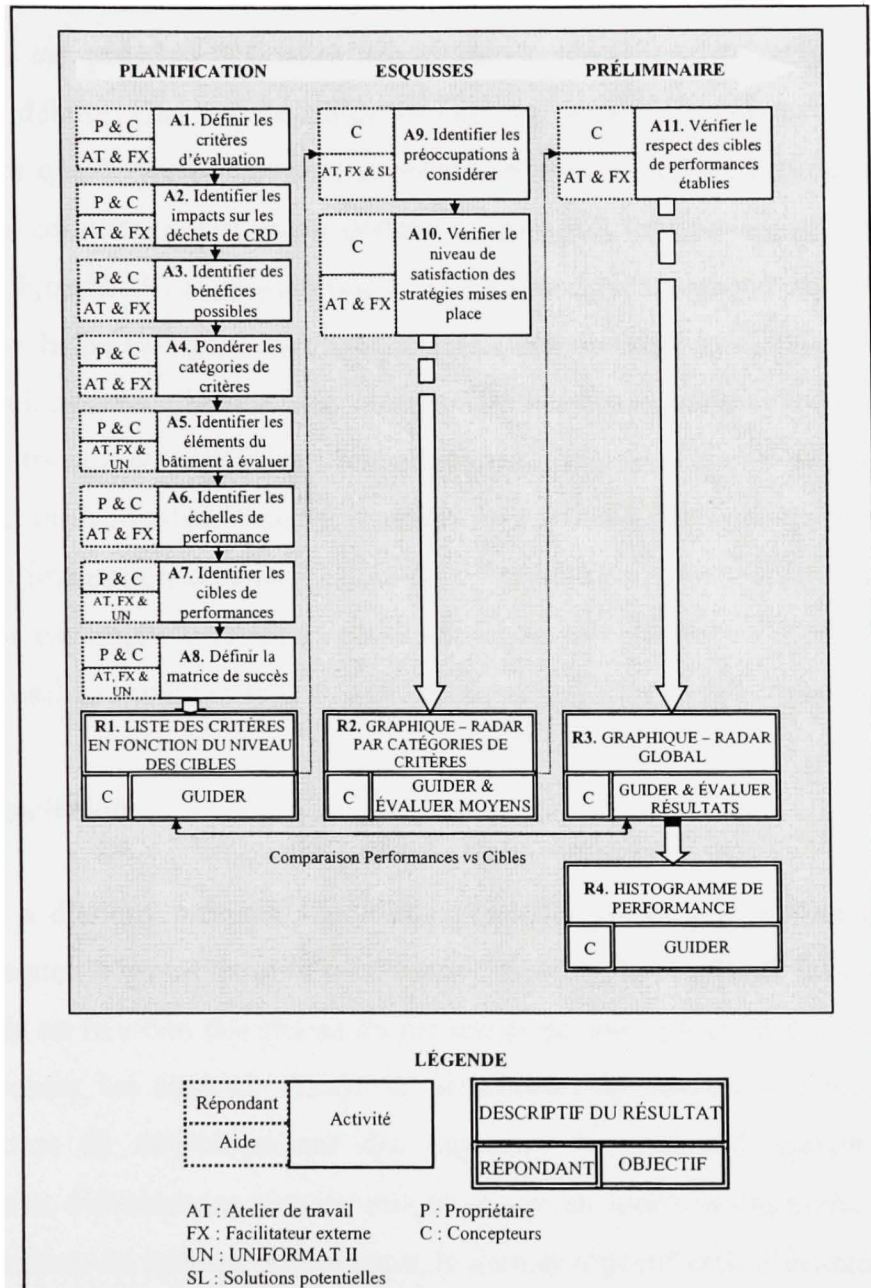
Les interventions du prototype à cette phase, sous forme d'évaluation de résultat, visent à vérifier l'atteinte des cibles au cours de l'élaboration du concept préliminaire, ce qui permet, relativement tôt dans le processus, de mesurer la performance obtenue en réponse aux moyens préalablement mis en œuvre. Ces évaluations périodiques permettent donc de corriger les lacunes avant de développer les plans définitifs où les décisions prises à ce moment ont de moins en moins d'impact sur la suite du projet. De la même manière que les évaluations de moyens, celle de résultats est prévue en atelier de travail et dirigée par un facilitateur externe.

### 7.3.4 Résumé schématique du concept de l'outil

Pour résumer les diverses activités proposées, la Figure 7.17 illustre schématiquement l'ensemble du processus suivi par le prototype. Ce résumé schématique n'apporte pas de nouvelles informations sur le concept de l'outil, mais facilite la compréhension de la logique proposée. Pour chaque activité proposée, le schéma indique les répondants impliqués et



l'aide qui leur est fournie par le prototype. Pour ce qui est des résultats, le destinataire concerné et l'objectif qu'ils visent atteindre sont indiqués.



**Figure 7.17** *Résumé schématique du concept l'outil.*

On remarque que la présence du prototype décroît en fonction de l'avancement du processus de conception et que la disponibilité des résultats augmente plus la conception progresse.

Cette particularité s'explique par le fait que le prototype, pour demeurer flexible, doit s'adapter au contexte du projet où il est employé. C'est seulement qu'en prenant le temps d'expliquer le vocabulaire aux principaux acteurs du projet et d'établir un système de référence qu'il est possible d'émettre des cibles de performances crédibles avant que la conception ne débute. Une fois les priorités établies, le développement des esquisses peut s'amorcer alors que le prototype, sans se substituer aux concepteurs, propose des pistes de réflexion et des solutions pour ensuite évaluer la pertinence des moyens pris par ceux-ci pour atteindre les objectifs. Ces moyens jugés satisfaisants, la phase préliminaire s'amorce et l'évaluation de la performance de la conception, par rapport aux cibles établies, permet d'identifier les lacunes à combler pour satisfaire les besoins du client. Ces activités, réalisées en atelier de travail et impliquant les principaux intervenants du projet tout en étant supervisées par un facilitateur externe, il est dès lors possible de proposer une démarche plus structurée où l'intégration de l'outil est facilitée. Les résultats disponibles à toutes les étapes où le prototype est employé visent à ce que l'enjeu ne soit pas oublié, sans toutefois alourdir l'emploi de l'outil en minimisant la quantité de données à utiliser pour les obtenir.

#### **7.4 Conclusion**

Cette section a d'abord présenté l'interface graphique ainsi que la structure du chiffrier EXCEL sur lequel le prototype de l'outil repose. Ensuite, les objectifs du concept de l'outil ont été exposés en fonction des phases du processus de conception où il intervient. Au cours de la planification, les objectifs étaient de sensibiliser les acteurs et définir les cibles du projet. En cours de développement des esquisses, les objectifs étaient de guider les professionnels et d'évaluer les moyens mis en œuvre en fonction des cibles établies. Enfin, lors de la définition du concept préliminaire, le dernier objectif était d'évaluer les résultats et l'atteinte des cibles. Pour y parvenir, les 11 actions (A1 à A11) et les quatre types de résultats (R1 à R4) que propose le prototype ont été expliqués.

Le processus proposé par le prototype vise à être intégré aux phases courantes d'un projet de conception de bâtiment. Il représente un point de départ, en agissant en amont des travaux et de l'opération du bâtiment, pour considérer l'enjeu des déchets de CRD au cours de son cycle de vie. Les décideurs principaux, concepteurs et propriétaires, sont impliqués par le processus défini par le prototype via l'élaboration de cibles et la réalisation d'évaluations périodiques. Le prototype prévoit aussi un contexte d'utilisation facilitant son emploi en proposant des interventions réalisées au cours d'ateliers de travail dirigés par un facilitateur externe familier avec son ergonomie et possédant des connaissances techniques en construction durable. Néanmoins, pour que cet outil fonctionne et atteigne le but ultime de réduire les déchets de CRD produits sur le cycle de vie des bâtiments, les propriétaires et concepteurs doivent s'engager à faire des efforts en ce sens. Le concept de l'outil et le prototype proposés dans ce chapitre permettent d'amorcer et de diriger cet engagement en assistant les professionnels sans toutefois s'y substituer.



## **CHAPITRE 8**

### **VALIDATION DU CONCEPT DE L'OUTIL**

#### **8.1 Introduction**

Ce dernier chapitre a comme objectif la validation du contenu technique et de l'ergonomie de du concept de l'outil proposé. On désire y déterminer si les besoins identifiés à la suite du groupe de discussion ont bien été traduits dans le concept de l'outil et si la méthode de travail proposée aux professionnels peut faciliter la minimisation des déchets de CRD. Par ailleurs, le processus de validation pourrait indiquer des ajustements à effectuer afin de rendre le concept plus efficace et éventuellement, on pourrait en dégager des pistes de recherches visant à bonifier le prototype. La section qui suit expose cette validation qui a pris la forme d'une démonstration du prototype à un professionnel de l'industrie du bâtiment.

#### **8.2 Validation avec un professionnel du bâtiment**

Un seul professionnel compétent en la matière a accepté l'invitation afin de valider le concept. Toutefois, l'entrevue unique peut être compensée par le fait que d'autres professionnels expérimentés en gestion des déchets de CRD ont participé au projet de recherche par le biais du groupe de discussion.

Le professionnel ayant procédé à la validation du concept est un architecte accrédité LEED au Canada et aux États-Unis. Affichant 12 années d'expérience, il est employé par un cabinet d'architecte ayant déjà réalisé des projets de bâtiments durables. La séance s'est amorcée par une présentation d'environ 30 minutes. Celle-ci visait à expliquer le contexte de la recherche et à exposer les caractéristiques du concept pour ensuite en faire une démonstration avec le prototype, basée sur les activités expliquées à la section 7.3. La validation s'est terminée par

une discussion d'une trentaine de minutes permettant de recueillir des commentaires sur le concept de l'outil et son prototype. Le compte rendu est présenté aux paragraphes suivants.

Les premiers commentaires reçus portent sur l'ergonomie du prototype et sur son utilité générale. À ce sujet, l'architecte indique que « *c'est un outil de plus en développement [de projet]* » qui permettrait une amélioration par rapport aux pratiques habituelles où seuls l'architecte et le gérant de construction s'impliquent dans la réduction des déchets. En effet, il affirme qu'« *en mettant les intervenants au diapason* » et en raison de sa simplicité d'utilisation, l'outil permet à tous les intervenants concernés au moment de la conception de contribuer aux efforts de réduction des déchets.

Selon l'architecte, la méthodologie proposée, permettant de fixer des objectifs et de guider les concepteurs en évaluant les moyens mis en œuvre pour ensuite évaluer les résultats obtenus, pourrait s'intégrer à un projet traditionnel de bâtiment. À ce titre, l'architecte mentionne que « *l'outil serait surtout utile aux professionnels [pour les aider à identifier] les actions à poser, [pour effectuer] un suivi des différents intervenants et pour avoir une preuve [des performances atteintes]* ». Toutefois, cette méthodologie ne vise pas exactement les bonnes étapes du processus de conception. La logique et la suite des activités proposées par le concept de l'outil sont adéquates, mais son intégration est prévue trop tôt dans le projet. L'architecte indique que la phase de planification, où le prototype prévoit la définition des cibles, ne permet pas une telle opération puisqu'à cette étape, on traite plus de l'organisation des équipes et du projet que du bâtiment lui-même. De plus, toujours selon l'architecte, les étapes d'un projet ne sont pas toujours bien définies; les esquisses et le concept préliminaire ne formant parfois qu'une étape. Selon l'architecte, les cibles du projet devraient être fixées au début des esquisses; l'évaluation de moyen effectué au cours du développement des esquisses et/ou du concept préliminaire et l'évaluation de résultats réalisés avec les dessins d'exécutions, sans quoi les intervenants manqueront d'informations pour procéder à l'évaluation. Par contre, l'intégration du prototype telle que définie par ce mémoire serait

possible dans le cas des bâtiments durables de démonstration où l'engagement du propriétaire sur les enjeux environnementaux est défini dès la planification. Ce décalage de la méthodologie par rapport à son intégration dans le projet pourrait s'effectuer sans modifications puisque le concept de l'outil demeure le même. Il faudrait toutefois prendre garde de ne pas intégrer le prototype trop tard dans le projet et ainsi perdre l'avantage de pouvoir agir tôt en conception. À ce niveau, des outils d'évaluation tels SBTTool et DQI exigent la définition d'objectifs avant que les équipes de conception n'interviennent dans les projets. Avec son gestionnaire ou son consultant, un propriétaire devrait être en mesure de définir ses propres cibles et ainsi offrir des lignes directrices dès le début de la conception.

Quant à la structure et au fonctionnement du prototype, l'architecte indique que sa flexibilité le rend applicable autant sur les bâtiments visant une certification LEED que sur des bâtiments dits traditionnels. En effet, le fait d'évaluer la conception par rapport aux priorités du projet permet de seulement considérer les critères de conception voulus. Ceci présente un avantage parce que sur les projets traditionnels conçus par le cabinet de l'architecte interviewé, la gestion des déchets en chantier est parfois prise en compte sans toutefois considérer tous les critères de réduction à la source proposés. Bien que l'on néglige certaines phases du cycle de vie en agissant ainsi, le prototype peut quand même être utilisé avec un nombre de critères réduits afin de faciliter la gestion en chantier par exemple.

Au niveau de l'interface, l'architecte indique que l'utilisation de EXCEL rend le prototype accessible à tous, mais rend en même temps son utilisation plus délicate en raison des droits d'administrateur et des dangers qu'implique un fichier informatique accessible à tous. Ces craintes sont fondées. Le prototype étant supporté par un seul chiffrier ne s'appuyant pas sur un langage de programmation, il est impossible de le faire fonctionner en verrouillant les feuilles de travail agissant à titre de « moteur ».



Au niveau du contenu technique, les critères de conception ont globalement été jugés pertinents et ayant un effet potentiel sur la production de déchets. Plus spécifiquement, les critères visant à minimiser les matériaux ont été jugés importants puisque pour le cabinet d'architecte en question :

*« [...] la tendance est de considérer le minimum de matériaux [...] c'est déjà des points qui sont importants pour les professionnels. D'avoir un outil qui le représente sous la forme d'un critère, souvent le client va réduire la surconsommation [de matériaux] ».*

Bien que jugés louables et pertinents en théorie, l'applicabilité de certains critères tels l'inventaire des matériaux constituant le bâtiment et l'estimation des déchets à être produits en chantier ont été mis en doute. L'architecte signale que pour l'estimation des déchets, les étapes où intervient le prototype ne divulguent pas assez d'informations afin de produire une telle estimation. De plus, les professionnels chez les entrepreneurs sont plus qualifiés pour obtenir ces données que les concepteurs. Pour ce qui est de l'inventaire des matériaux, c'est possible de l'effectuer, mais il faut s'assurer qu'elle sera utilisée à bon escient lors des futurs travaux, ce qui n'est pas toujours le cas avec les édifices locatifs.

Un autre commentaire a visé les restrictions imposées par les critères et préoccupations du prototype. L'architecte indique que, bien que le tri sélectif en chantier soit favorable pour détourner un maximum de déchets des sites d'enfouissement, il peut être restrictif pour les chantiers en centre-ville où l'espace est manquant. Il en allait de même pour le critère visant l'adaptabilité de la structure qui, indirectement, privilégie les structures en acier au détriment des structures en béton armé. Il est vrai que les critères cités en exemple reposent sur des prémisses. Une reformulation de ces critères pourrait contribuer à diminuer ces restrictions et les rendre applicables à plus de types de projet de bâtiment. Il demeure toutefois que certaines techniques de construction et de gestion des déchets offrent de meilleures opportunités pour gérer les déchets sur le cycle de vie du bâtiment.

Les derniers commentaires ont porté sur les critères et l'aide à l'utilisateur que l'architecte aurait souhaité retrouver dans le prototype. L'architecte indique que les matériaux granulaires, exclus du prototype parce que leur traitement, par leur volume et par les règlements applicables, n'était pas le même que les autres déchets de CRD, représentent tout de même un cas complexe à gérer. Comme il l'indique, « *on a aussi cette problématique de récupération des matériaux granulaires comme le roc [...] bien qu'ils ne soient pas contaminés* ». Des critères concernant les travaux de terrassement seraient donc profitables. L'état actuel du prototype ne permet pas facilement d'ajouter des critères tout en conservant un chiffrier fonctionnel. Toutefois, pour la suite du développement de l'outil, ce pourrait être une des fonctionnalités à intégrer. Au niveau de l'aide à l'utilisateur, il serait encore plus profitable pour les professionnels que l'outil contienne une liste à jour de sites pouvant accueillir différents types de déchets de CRD. Cet élément serait bénéfique pour le critère visant l'identification des sites d'accueils des déchets. Toutefois, comme l'indique l'architecte, « *beaucoup de compagnies ferment [...] beaucoup de mises à jour sont requises* ». Cet élément pourrait être intégré à l'outil, mais une fois qu'une entité serait chargée de la mise à jour constante de l'outil et non à l'étape de prototype, qui le rendrait périmé trop rapidement.

Globalement, autant pour l'ergonomie que pour le contenu technique, le concept de l'outil et son prototype ont été bien accueilli par l'architecte interviewé. Il indique que « *pour le développement [d'un projet], pour des professionnels autour d'une table, l'outil présente le bon niveau de détail [...et que] c'est un rappel pour ne pas oublier les objectifs.* »

### 8.3 Conclusion

Bien que le concept de l'outil ait été développé en y intégrant différents acteurs du secteur de la construction de bâtiment, la rencontre avec un architecte expérimenté en conception de bâtiment durable a permis de valider la solution proposée. Les principales critiques au sujet

de l'ergonomie du prototype touchent le moment de son intégration au projet et son interface. Bien qu'il faille prendre ces critiques en considération pour la suite du développement de l'outil, elles ne remettent pas en question le fait que la méthodologie proposée permet de soutenir la première assertion faisant état que le principe de l'évaluation des bâtiments en cours de conception est adapté pour considérer l'enjeu des déchets de CRD. Pour ce qui est de l'aspect informatique du prototype, du travail devrait être effectué au niveau de la programmation pour favoriser son accessibilité.

En ce qui a trait à la deuxième assertion avançant que les concepteurs de bâtiments peuvent jouer un rôle sur la minimisation des déchets produits par le bâtiment sur son cycle de vie, elle est aussi soutenue. Le fait que les critères du prototype aient été jugés pertinents et que l'architecte interviewé ait affirmé déjà tenir compte de certains d'entre eux nous permet de l'affirmer. Il faut toutefois prendre garde de conserver un esprit « pratique » dans la définition des critères et de ne pas limiter les options possibles pour les respecter.



## CONCLUSION

L'industrie de la construction est un grand producteur de déchets et environ la moitié de ces déchets sont générés par le secteur du bâtiment. Des mesures incitatives et coercitives ont été implantées par les gouvernements de plusieurs pays afin de réduire la consommation inutile de ressources et de territoires associés à l'enfouissement de ces déchets qui sont pour la plupart récupérables. Toutefois, ces mesures visent principalement les activités du génie civil et il en résulte que le secteur du bâtiment fait piètre figure en matière de gestion des déchets de CRD.

Les spécificités des projets de bâtiments montrent que la gestion des déchets issus des activités de construction, rénovation et démolition est complexifiée par les nombreux types de matériaux constituant ces déchets ainsi que par les diverses sources responsables de leur génération, sources pouvant prendre racine dans des décisions survenant en amont des travaux. Par ailleurs, un manque de connaissance des professionnels de l'industrie sur le thème des déchets de CRD a été relevé par plusieurs études. Pour améliorer la gestion des déchets de ce secteur, des recommandations issues de cas d'études indiquent la nécessité d'intégrer l'enjeu de la gestion des déchets de CRD d'une manière structurée et de le faire en amont de la réalisation des travaux de construction. S'appuyant sur ces observations et ces recommandations, le but de la recherche est de proposer le concept et le prototype d'un outil de conception visant à réduire la production des déchets issus du cycle de vie des bâtiments. Pour y parvenir, le concept de l'outil doit permettre de considérer l'enjeu des déchets de CRD sur le cycle de vie du bâtiment en posant des actions en amont de la réalisation du projet et de guider le travail de l'équipe de conception sur ce même enjeu. Ainsi, deux volets forment la question qui guide cette recherche. D'abord, sur quel contenu technique doit-il s'appuyer et ensuite, quelle ergonomie un tel outil doit-il afficher pour atteindre le but et les objectifs spécifiques de l'étude?

Avant d'identifier des éléments de réponses à la question de recherche, il a été nécessaire d'explorer les outils disponibles adressant l'enjeu des déchets de CRD. Les caractéristiques permettant de définir l'ergonomie des outils ont d'abord été extraites de différentes typologies proposées dans la littérature et un cadre de référence structurant l'analyse des outils selon leur portée, leur contexte d'utilisation, leur fonctionnement et les résultats fournis a été élaboré. Les concepts d'étalonnage, d'analyse de cycle de vie et d'évaluation des bâtiments ainsi qu'une gamme d'outils spécifiques à l'enjeu des déchets de CRD ont fait partie de la revue. Cette analyse a précisé la problématique de recherche en mettant au jour des lacunes en ce qui a trait aux possibilités offertes par les outils existants pour considérer l'enjeu des déchets de CRD au cours d'un projet de bâtiment. Quel que soit le type d'outils étudié, on note une incapacité à analyser la production de déchets des bâtiments sur leur cycle de vie complet et une impossibilité de considérer cet enjeu tôt dans le processus de conception. De plus, les outils spécifiques à l'enjeu des déchets de CRD demeurent essentiellement sous la forme de prototype, n'étant donc pas disponibles pour l'industrie. Un manque de flexibilité lié à leur structure reposant sur des modèles et des assemblages de bâtiment pré évalués ainsi qu'à leur caractère quantitatif a aussi été retenu comme un facteur limitant leur applicabilité. D'autre part, l'analyse a permis d'identifier que certaines des caractéristiques de l'ergonomie des outils d'évaluation environnementale et architecturale des bâtiments présentaient un certain potentiel pour considérer l'enjeu des déchets de CRD dès la conception.

À partir de la revue des outils existants et de la définition de la problématique propre au secteur du bâtiment, deux assertions sur lesquelles s'appuie la recherche ont été avancées. La première indique que les concepteurs peuvent poser des actions permettant de réduire les déchets produits par le bâtiment sur son cycle de vie. La seconde avance que l'ergonomie des outils d'évaluation des bâtiments intervenant lors de la conception offre un potentiel pour permettre de considérer l'enjeu des déchets de CRD au cours du processus de design. En effet, la structure de ce type d'outil, composée de critères d'évaluation de la conception, offre des repères aux propriétaires et aux concepteurs tout au long du processus de conception. De

plus, en impliquant le propriétaire tôt dans le projet, les critères de conception ont tendance à prendre plus d'importance puisqu'ils sont dictés par le client.

Pour aborder le volet de la question de recherche portant sur le contenu technique de l'outil, une recherche documentaire au travers de guides de conception, de rapports de cas d'étude et de publications a été effectuée. Cette étude de la littérature a permis de dégager des critères de conception influençant la production de déchets au cours d'une ou de plusieurs phases du cycle de vie d'un bâtiment, c'est-à-dire de la construction jusqu'à la démolition. L'impact de ces critères sur l'enjeu des déchets de CRD a été documenté. Ces critères ont ensuite été regroupés en quatre catégories distinctes soit ceux visant la minimisation des matériaux, la prévision du cycle de vie du bâtiment, la facilitation de la gestion des déchets en chantier et l'esprit du contrat. Soumis à des professionnels de l'industrie au cours d'un groupe de discussion, les critères montrant un réel potentiel de réduction des déchets ont été retenus pour former la structure de l'outil.

Le volet de la question de recherche portant sur l'ergonomie de l'outil a ensuite été traité. La tenue d'un groupe de discussion réunissant quatre professionnels du bâtiment possédant une expérience en gestion des déchets de CRD et en conception a permis d'intégrer des utilisateurs potentiels dans la définition de la mécanique de l'outil. Un court questionnaire a été rempli et les participants ont pu se prononcer sur trois variantes d'outils spécifiques à l'enjeu des déchets de CRD intervenant en conception, mais présentant une mécanique distincte. L'analyse des données recueillies a permis de cibler des besoins quant au rôle et aux caractéristiques du concept de l'outil à développer. Un des principaux éléments ressortant des commentaires obtenus est le besoin d'avoir accès à un outil flexible pouvant évaluer la conception en fonction du contexte et des priorités propres au projet. La capacité de l'outil à établir un langage commun améliorant ainsi la communication entre les acteurs du projet a aussi été signalée. Il a été souhaité que l'outil établisse cette communication le plus tôt possible dans le processus de conception pour impliquer les décideurs et qu'il accompagne ensuite les concepteurs tout au long de la phase d'élaboration du bâtiment. De



plus, pour favoriser l'intégration de l'outil, la simplicité est l'élément principal qui a été retenu, que ce soit pour ses interventions, les données à utiliser ou les résultats transmis. À ce titre, un outil de nature principalement qualitative a été préféré.

Considérant les étapes de recherche précédemment effectuées, soit la définition des besoins réalisés avec le groupe de discussion, le développement du contenu technique et l'identification des opportunités offertes par les outils d'évaluation des bâtiments, une réponse aux deux volets de la question de recherche a été apportée en proposant le concept d'un outil guidant la conception et visant la réduction des déchets de CRD sur le cycle de vie des bâtiments. Le concept de l'outil et son prototype repose sur 16 critères de conception, constituant ainsi le contenu technique de l'outil. Pour ce qui est de son ergonomie, elle est représentée par une méthodologie articulée en 11 actions intervenant lors de la planification, du développement des esquisses et de la conception préliminaire d'un bâtiment. À chaque intervention, le prototype prévoit être employé en atelier de travail dirigé par un facilitateur externe. En planification, le prototype sensibilise les acteurs pour ensuite procéder à la définition des cibles du projet. Lors des esquisses, le prototype oriente la réflexion et évalue périodiquement les moyens mis en œuvre en regard des cibles établies. Évaluant les moyens, il n'est pas garanti que les résultats suivront, mais il demeure que c'est un pas dans la bonne direction pour atteindre les cibles établies. Lors du concept préliminaire, le prototype évalue la performance de la conception par rapport aux cibles établies. Il accompagne donc le processus de conception et fournit des résultats en fonction des priorités du projet à chaque intervention. Bien entendu, cette méthodologie exige une certaine honnêteté de la part des concepteurs alors qu'ils évaluent leur propre design. À cet effet, la présence d'un facilitateur externe peut aider à atteindre une évaluation impartiale et susciter un débat. Le schéma de la Figure 7.17 résume la méthodologie suivie où chacune des 11 actions proposées est associée à la phase où elle survient, aux intervenants devant y participer et à l'aide à l'utilisateur disponible. Les résultats fournis sont aussi représentés sur ce schéma et associés à la phase où ils sont générés, à leur destinataire et à l'objectif visé. Un prototype de l'outil a été développé sur une application EXCEL et le schéma de la Figure 7.1 illustre l'implémentation qui a été

effectuée. Ce prototype a aussi fait l'objet d'un article soumis dans le cadre de la 12<sup>e</sup> « Canadian Conference on Building Science and Technology » se tenant à Montréal en mai 2009 (ANNEXE XII).

La validation du prototype de l'outil, effectuée par un architecte possédant une expérience en conception de bâtiments durables pour lesquels l'enjeu des déchets de CRD a été considéré, a permis de valider les deux assertions de recherche et de confirmer que l'atteinte des objectifs de l'étude. D'abord, la méthodologie proposée pour évaluer la conception et les résultats générés par le prototype ont été jugés utiles et pouvant améliorer les pratiques en matière de réduction des déchets de CRD. De cette manière, la première assertion voulant que le principe de l'évaluation des bâtiments lors de la conception soit adapté pour considérer l'enjeu des déchets de CRD est soutenue. Toutefois, l'intégration de l'outil dès la planification soulève des doutes quant à la disponibilité des informations pour définir les cibles du projet si tôt. La seconde assertion selon laquelle les concepteurs peuvent jouer un rôle leur permettant de réduire les déchets de CRD est aussi soutenue. En effet, il a été reconnu que les critères de conception proposés pouvaient avoir une influence sur la prévention de la production de déchets aux différentes phases du cycle de vie du bâtiment. Toutefois, le prototype ne comporte pas tous les critères qui pourraient avoir un impact et certains de ceux-ci pourraient difficilement être considérés en conception. Néanmoins, il a été retenu que le prototype, par son ergonomie et les critères qu'il contient permettrait une amélioration des pratiques de conception courantes visant à considérer l'enjeu des déchets de CRD. De plus, sa flexibilité, son apport à la communication et son accessibilité en font un outil qui peut être utilisé au stade de l'élaboration d'un projet, répondant ainsi au but initial et aux objectifs de la recherche qui était de guider les concepteurs pour leur permettre de réduire les déchets de CRD issus des bâtiments par des gestes posés en conception.

La réponse à la question de recherche apporte des contributions qui se situent principalement au niveau des connaissances, mais offrent aussi un volet plus pratique pour l'industrie.

1. Un cadre de référence adapté à l'ergonomie et à la portée des outils s'adressant à l'industrie du bâtiment a été élaboré. Ce cadre permet de structurer l'analyse de tels types d'outils. De la même manière que les typologies proposées dans la littérature ont été utilisées dans cette étude pour former un nouveau cadre de référence, celui-ci pourrait être repris et adapté par d'autres chercheurs pour les aider à structurer l'analyse d'outils en fonction de leurs besoins.
2. Suivant le cadre de référence, l'analyse des outils adressant l'enjeu des déchets de CRD a exposé les lacunes en regard des possibilités offertes pour le traiter au moment de la conception. Le descriptif des types d'outils et les lacunes identifiées peuvent ainsi faciliter l'amorce d'un projet de recherche portant sur le développement d'un outil visant le domaine de la conception de bâtiment.
3. Des éléments d'information visant la réduction des déchets de CRD ont été extraits de la littérature et transformés en critères de conception renfermant définitions, impacts sur le cycle de vie et stratégies applicables. Ces informations étaient dispersées dans plusieurs types d'ouvrages et elles n'étaient pas toujours présentées en fonction des possibilités offertes à la phase de conception. Cette organisation contribue ainsi à transmettre plus facilement les connaissances à l'auditoire visé, les propriétaires et les concepteurs de bâtiment. De plus, cette banque de critère peut servir de base aux recherches voulant cibler et approfondir des actions spécifiques permettant de réduire les déchets de CRD.
4. La tenue d'un groupe de discussion ayant attiré des professionnels du bâtiment expérimentés dans le domaine des déchets de CRD a intégré des utilisateurs cibles au développement de l'outil. Les besoins ainsi identifiés ont comme origine de véritables



préoccupations de l'industrie et ces éléments représentent des informations sur lesquels pourront s'appuyer les futurs chercheurs impliqués dans le processus de développement cet outil ou d'outils similaires.

5. Le concept et le prototype d'un outil guidant la conception et visant la réduction des déchets de CRD ont été développés. 16 critères de conception visant à couvrir la production de déchets sur le cycle de vie d'un bâtiment ont été jumelés à une méthodologie pouvant être intégrée au processus d'élaboration d'un projet de bâtiment. Le tout a été implémenté sur une application EXCEL et validé théoriquement. Un tel prototype rend l'outil accessible pour une application dans un contexte de projet réel et permet ainsi d'amorcer les itérations menant au développement d'un outil complet pouvant être adopté à plus grande échelle par l'industrie.

## RECOMMANDATIONS

La validation théorique par un architecte concepteur de bâtiment permet de croire que le prototype de l'outil pourrait être efficace en cours de conception. Ainsi, les pistes de recherches suggérées concernent principalement la poursuite du développement de l'outil.

1. Même si les étapes de développement et de validation de l'outil ont intégré des professionnels du bâtiment, il serait bénéfique, pour poursuivre son élaboration, de l'employer dans un contexte réel où des contraintes techniques, de coûts et de temps influenceront son utilisation. La méthode de recherche par cas d'étude décrite dans Yin (2003) pourrait être mise en œuvre. Pour ce faire, un projet visant une certification LEED pourrait faciliter l'intégration de l'outil puisque les intervenants sont déjà conscientisés aux impacts environnementaux des bâtiments. De plus, le professionnel accrédité LEED que l'on retrouve habituellement sur de tels projets pourrait agir en tant que facilitateur externe. Un tel banc d'essai permettrait de rejoindre les acteurs principaux ciblés par l'outil. L'observation des ateliers de travail où l'outil est employé apporterait des informations judicieuses sur les aspects de l'outil à améliorer, autant pour son ergonomie que pour les critères de conception. Même si l'outil n'offre pas de volet accompagnant la réalisation des travaux, il serait utile d'effectuer en cours de construction pour observer les effets produits par la mise en œuvre des critères de conception et apporter les ajustements nécessaires. Menée à terme, cette recommandation devrait produire une première itération de l'outil permettant de poursuivre avec la seconde recommandation.
2. Cette deuxième recommandation vise l'amélioration de l'implémentation de l'outil. L'application EXCEL convient pour un prototype et pour faire la démonstration du concept, mais une implémentation plus performante est requise pour un emploi à plus grande échelle. À cet effet, un projet de recherche impliquant des spécialistes en

technologie de l'information permettrait d'implémenter l'outil dans un format accessible par un portail web, à l'image de l'outil DQI en Angleterre. Une telle implémentation devrait faciliter l'utilisation de l'outil et accroître sa flexibilité et son accessibilité. L'outil implémenté devrait alors permettre aux utilisateurs de constituer leur profil. Sans devoir utiliser un langage de programmation, l'implémentation devrait rendre possible l'ajout de critères et de préoccupations en fonction de l'expérience des utilisateurs et des particularités du projet. Cette flexibilité de l'outil et son hébergement sur un portail web amènent toutefois à la troisième recommandation.

3. L'analyse des outils existants indique que ceux qui percent le marché ont un porteur qui en fait la promotion et qui en gère l'utilisation. Par exemple, le conseil du bâtiment durable du Canada est responsable de LEED et le Construction Industry Council gère le DQI. Une fois implémenté sur un portail web, l'outil devra être diffusé et un suivi devra être effectué. À ce titre, cette recommandation propose qu'un organisme ou un centre de recherche universitaire soit désigné comme étant le porteur de l'outil. Un plan d'affaire identifiant les acteurs impliqués et leurs rôles ainsi qu'une étude de faisabilité devraient alors être effectuée.
  
4. Cette dernière recommandation propose d'élargir les phases d'intervention de l'outil pour qu'il puisse accompagner le cycle de vie complet du bâtiment. La séance de validation ayant donné lieu à des commentaires allant dans ce sens, des interventions de l'outil visant à faciliter le suivi et la maîtrise des déchets en phase de construction seraient souhaitables. Par ailleurs, des éléments de la revue de la littérature ont montré que les activités de rénovation et démolition constituaient la majorité des déchets de CRD produits par le secteur du bâtiment. L'outil proposé tente de les réduire en agissant dès la conception, mais il faudrait aussi que des interventions puissent faciliter leur gestion lorsque des opérations de démolition ou rénovations



sont prévues. Ces interventions devraient viser à faciliter le réemploi et le recyclage des matériaux issus des travaux en identifiant les contraintes et les opportunités qui s'offrent aux acteurs du projet. Un cas d'étude où un volume de démolition important aurait lieu et où les acteurs du projet accepteraient de procéder à des phases de démolition sélective pourrait représenter un terrain de recherche intéressant.

## ANNEXE I

### ERGONOMIE DES OUTILS D'ÉTALONNAGE

Tableau I.1

Ergonomie des indicateurs de performances

Aspect	Critères	KPI
Portée	Type d'outil	Outil de mesure (étalonnage)
	But	Mesurer la performance de la gestion des déchets de CRD (entre autres)
	Dimension	Environnementale;
	Objets	Déchets provenant des chantiers (tout type); Déchets découlant de la fabrication.
	Phases analysées	Construction; Fabrication des matériaux.
Contexte d'utilisation	Porteur	CIBE
	Répondants	Entrepreneurs; Fabricants.
	Effets	Jalonner les pratiques de l'industrie; Aide à la décision (Comparatif, suivi de l'évolution)
	Phase d'utilisation	Construction; Fabrication des matériaux.
Fonctionnement	Structure	Critères (indicateurs)
	Aide à l'utilisateur	Procédure de travail; Portail web.
	Type d'intrants	Quantitatifs
	Collecte des données	Par entreprise
	Limite géographique	Pays (Angleterre)
Résultats	Référence	Relatif (Industrie)
	Perspective	Récapitulatif
	Type de résultat	Quantitatif
	Calcul des résultats	Ratio
	Présentation	Agglomération par entreprise; Agglomération pour l'industrie; Portail web; Graphique; Tableau.

## ANNEXE II

### ERGONOMIE DES OUTILS D'ACV

Tableau II.1

Ergonomie des applications d'analyse de cycle de vie

Aspect	Critères	ATHENA	Envest
Portée	Type d'outil	Outil de mesure (Analyse de cycle de vie)	
	But	Quantifier les impacts environnementaux d'un bâtiment	
	Dimension analysée	Environnementale; Sociale.	Environnementale; Économique; Sociale.
	Objets analysés	Déchets de bois, béton et acier provenant des bâtiments ou des assemblages de structure et d'enveloppe.	Déchets de CRD solide provenant des bâtiments ou des assemblages (ne sait pas quels assemblages sont considérés pour les déchets de CRD)
	Phases analysées	Fabrication; Construction; Opération; Démolition.	
Contexte d'utilisation	Porteur	ASMI	BRE
	Répondants	Professionnels (concepteurs)	
	Effets principaux	Aide à la décision (comparatif) ; Communication	
	Phase d'utilisation	Conception détaillée	
Fonctionnement	Structure	Modèle; Base de données	
	Aide à l'utilisateur	Application (interface graphique)	
	Type d'intrants	Qualitatifs; Quantitatifs	
	Collecte des données	Par discipline	
	Limite géographique	Pays (Canada et États-Unis)	Pays (Angleterre)
Résultats	Référence	Absolu;	
	Perspective	Actuel; Prédictif.	



Aspect	Critères	ATHENA	Envest
	Type de résultat	Quantitatif	
	Calcul des résultats	Addition	
	Présentation	Agglomération pour les déchets solides; Agglomération par type de déchet; Agglomération par phase du cycle de vie; Agglomération par travaux; Graphiques; Tableaux.	Agglomération pour les déchets solides; Graphiques; Tableaux.

## ANNEXE III

### ERGONOMIE DES OUTILS D'ÉVALUATION DES BÂTIMENTS

Tableau III.1

Ergonomie des outils d'évaluation – partie 1

Aspect	Critères	HQE	SBTool	CASBEE	LEED-NC
Portée	Type d'outil	Outil d'évaluation			
	But	Évaluer la qualité globale d'un bâtiment			
	Dimension analysée	Environnement			
	Objets analysés	Déchets de CRD générés par les bâtiments (entre autres)			
	Phases analysées	Construction; Opération; Démolition.	Construction; Opération; Démolition.	Opération; Démolition.	Construction; Opération; Démolition.
Contexte d'utilisation	Porteur	Certivea; Association HQE.	iiSBE	JSBC	CBDCa
	Répondants	Professionnels (concepteurs); Propriétaires.			
	Effets principaux	Certification; Communication	Reconnaissance; Communication	Certification; Communication	Certification; Communication
	Phase d'utilisation	Conception & Construction			
	Limite géographique	Pays (France)	International	Pays (Japon)	Pays Canada
Fonctionnement	Structure	Critères d'évaluation			
	Aide à l'utilisateur	Définitions; Banque de stratégies.	Définitions	Définitions	Définition; Banque de stratégies.
	Type d'intrants	Qualitatif; Quantitatif.	Quantitatif	Qualitatif; Quantitatif.	Quantitatif
	Collecte des données	Par discipline			
Résultats	Référence	Empirique & Normes	Empirique	Empirique & Normes	Empirique & Normes
	Perspective	Actuel & Prédictif			
	Type de résultat	Qualitatif			
	Calcul des résultats	Addition	Addition pondérée	Addition pondérée; Ratio.	Addition
	Présentation	Aucune	Graphique; Tableau.	Graphique; Tableau.	Aucune

Tableau III.2

## Ergonomie des outils d'évaluation – partie 2

Aspect	Critères	DQI	NEAT
Portée	Type d'outil	Outil d'évaluation	
	But	Évaluer la qualité globale d'un bâtiment	
	Dimension analysée	Architecture	Environnement
	Objets analysés	Déchets de CRD générés par les bâtiments (entre autres)	
	Phases analysées	Opération; Démolition.	Construction; Démolition.
Contexte d'utilisation	Porteur	CIC	NHS Estate
	Répondants	Professionnels; Propriétaires.	Professionnels;
	Effets principaux	Reconnaissance; Communication	
	Phase d'utilisation	Conception	
	Limite géographique	Pays (Angleterre)	
Fonctionnement	Structure	Critères d'évaluation	
	Aide à l'utilisateur	Définition des critères	
	Type d'intrants	Qualitatif	Qualitatif; Quantitatif
	Collecte des données	Atelier de travail	Par discipline
Résultats	Référence	Relatif (partiellement aux cibles du projet)	Empirique
	Perspective	Actuel & Prédictif	
	Type de résultat	Qualitatif	
	Calcul des résultats	Addition; Addition pondérée	Addition pondérée
	Présentation	Graphique; Tableau.	Tableau



## ANNEXE IV

### ERGONOMIE DES OUTILS SPÉCIFIQUES AUX DÉCHETS DE DÉMOLITION

Tableau IV.1

Ergonomie des outils spécifiques aux déchets de démolition

	Critères	(2003)	(Sara et coll., 2001)	(Sassi, 2002)
Portée	Type d'outil	Outil de mesure (ACV)	Outil d'évaluation	Guide
	But	Quantifier les impacts environnementaux dus aux déchets de CRD	Évaluer un potentiel de récupérabilité d'un bâtiment	Sensibiliser à la déconstruction
	Dimension analysée	Environnementale	Environnementale	Environnementale
	Objets analysés	Déchets générés par les bâtiments (briques, bois, métaux, tuiles de terre cuite)	Assemblages des bâtiments (Structure, Enveloppe, Finition intérieure)	Assemblages des bâtiments (Structure, Enveloppe, Finition intérieure, mécanique, fondations)
	Phases analysées	Démolition.	Démolition; Rénovation	Démolition; Rénovation.
Contexte d'utilisation	Porteur	Aucun	Aucun	CIRIA
	Répondants	Entrepreneurs; Professionnels (concepteurs)	Professionnels (concepteurs)	Professionnels (concepteurs)
	Effets principaux	Aide à la décision	Aide à la décision (guide)	Aide à la décision (guide)
	Phase d'utilisation	Démolition	Conception	Conception
	Limite géographique	N.D.	N.D	N.D
Fonctionnement	Structure	Base de données et modélisation des activités de démolition	Critères sous la forme des assemblages des bâtiments	N.A
	Aide à l'utilisateur	Application (interface graphique)	Aucune	Information générales et banque de stratégies
	Type d'intrants	Quantitatif	N.A	N.A

	Critères	(2003)	(Sara et coll., 2001)	(Sassi, 2002)
	Collecte des données	Par discipline	N.A	N.A
Résultats	Référence	Absolu	Empirique	N.A
	Perspective	Prédictive	Prédictive	N.A
	Type de résultat	Quantitatif	Qualitatif	N.A
	Calcul des résultats	Addition	Addition pondérée	N.A
	Présentation	Interface graphique	Graphiques imprimés	N.A

## ANNEXE V

### ERGONOMIE DES OUTILS SPÉCIFIQUES AUX DÉCHETS DE CONSTRUCTION

Tableau V.1

Ergonomie des outils spécifiques aux déchets de construction

	Critères	SMARTWaste	(Addis et coll., 2004)	BWAS
Portée	Type d'outil	Outil de mesure (étalonnage)	Outil de mesure (simulation)	Outil d'évaluation
	But	Mesurer et étalonner la production de déchets	Estimer les flux de déchets	Évaluer un indice de production de déchets
	Dimension analysée	Environnementale	Environnementale; Économique	Environnementale
	Objets analysés	Tout type de déchets générés par les bâtiments	Déchets générés par les bâtiments (Béton, bois, métaux, gypse et autres)	Déchets générés par les activités de structure, enveloppe et finition intérieure
	Phases analysées	Construction	Construction	Construction
Contexte d'utilisation	Porteur	BRE	Aucun	Aucun
	Répondants	Entrepreneurs; Propriétaires	Entrepreneurs; Professionnels (concepteurs)	Professionnels (concepteurs)
	Effets principaux	Caractériser les flux de déchets Communication	Aide à la décision	Aide à la décision (Guide)
	Phase d'utilisation	Conception Construction	Conception	Conception
	Limite géographique	N.D.	N.D	Local (selon les techniques de construction disponibles)
Fonctionnement	Structure	Procédures à suivre pour entrer les données	Modélisation informatique	Par critère prenant la forme des assemblages de bâtiment
	Aide à l'utilisateur	Portail web	Interface graphique	Aucune
	Type d'intrants	Qualitatif; Quantitatif	Quantitatives	Qualitatif
	Collecte des données	Personnel assigné en chantier	Par discipline	Professionnel (concepteur)



	Critères	SMARTWaste	(Addis et coll., 2004)	BWAS
Résultats	Référence	Absolue	Absolue	Empirique
	Perspective	Récapitulatif	Prédictif	Prédictif
	Type de résultat	Qualitatif; Quantitatif	Quantitatif	Qualitatif
	Calcul des résultats	N.A	Addition	Addition pondérée
	Présentation	Graphiques; Tableaux; Photos.	Agglomération par type de déchets Tableaux; Graphique.	N.A

## **ANNEXE VI**

### **GRILLE D'ÉVALUATION DES CRITÈRES DE CONCEPTION**



26 février 2008

Note aux répondants :

Les questions suivantes visent le contenu technique d'un outil d'aide à la conception visant à favoriser la réduction des déchets de construction-rénovation-démolition (CRD) des bâtiments.

**Q 2.1 Les actions suivantes, posées dès la conception du bâtiment, permettent de réduire la production de déchets de CRD à l'étape de la construction. Classifiez ces actions en fonction de l'impact qu'elles ont sur la réduction des déchets de CRD. L'action numéro 1 est celle ayant le plus fort impact sur la réduction et l'action numéro 10 est celle présentant le plus faible impact.**

- ☐ Utilisation de matériaux récupérés ;
- ☐ Présence de contenu recyclé dans les matériaux spécifiés ;
- ☐ Minimisation des surfaces de finis / enveloppe ;
- ☐ Minimisation du nombre de type de déchets ;

*Les types de déchets sont caractérisés par les matériaux desquels ils proviennent (Bois, Béton, Métaux, Briques, Caoutchouc, Ciment, Céramique, Gypse, Isolant, Plastique, Plâtre, Peinture, Tuiles, Verre, Carton).*

- ☐ Minimisation des matières dangereuses ;

*Le terme « matière dangereuse » indique toute matière qui, en raison de ses propriétés, présente un danger pour la santé ou l'environnement et qui est explosive, gazeuse, inflammable, toxique, radioactive, corrosive, comburante ou lixiviable, ainsi que toute matière ou objet assimilé à une matière dangereuse (loi sur la qualité de l'environnement, chapitre 1, section 1.21).*

- ☐ Minimisation des ouvrages temporaires ;
- ☐ Production de plans de pose (calepinage) ;

*Le calepinage est l'action d'étudier les dimensions et l'agencement des matériaux afin de faciliter leur pose (OLF, 2007) et de minimiser les pertes.*

- ☐ Production de plans de réservation ;

*Les plans de réservation permettent de localiser les futures ouvertures à pratiquer dans le bâtiment et permettent ainsi d'éviter des opérations de démolition sur des éléments nouvellement construits.*

- ☐ Standardisation du type des matériaux ;
- ☐ Préfabrication / Modularité.





26 février 2008

**Q 2.2** Les actions suivantes, posées dès la conception du bâtiment, permettent de réduire la production de déchets de CRD au moment de la rénovation et/ou de la fin de vie du bâtiment. Classifiez ces actions en fonction de l'impact qu'elles ont sur la réduction des déchets de CRD. L'action numéro 1 est celle ayant le plus fort impact sur la réduction et l'action numéro 7 est celle présentant le plus faible impact.

☐

Inventaire des matériaux présent dans le bâtiment ;

*L'inventaire des matériaux du bâtiment est un recueil d'information permettant de connaître la composition des matériaux, leur performance mécanique réelle, la description des étapes de constructions et les hypothèses de calcul ayant été utilisées lors de la conception.*

☐

Codification visuelle ou électronique des matériaux ;

*L'identification des matériaux du bâtiment est une codification physique ou électronique des matériaux permettant de distinguer les différents types de matériaux. Cette identification peut être liée à l'inventaire.*

☐

Éléments de conception favorisant la flexibilité de la structure ;

*La flexibilité de la structure est définie par sa capacité à être renforcée selon les futurs usages du bâtiment*

☐

Éléments de conception favorisant la déconstruction de l'enveloppe, des finis et de la structure ;

*La déconstruction de l'enveloppe, des finis et de la structure est définie par la capacité des éléments à être démantelé pièce par pièce tout en conservant leurs propriétés.*

☐

Éléments de conception favorisant la flexibilité des espaces ;

☐

Recyclabilité de la structure ;

*La recyclabilité de la structure est sa capacité à être recyclée à la fin de sa vie utile.*

☐

Recyclabilité de l'enveloppe et des finis.



26 février 2008

**Q 2.3 Les informations suivantes, fournies avec les documents de soumission, permettent à l'entrepreneur de mieux planifier la gestion des déchets en chantier. Classifiez ces informations en fonction de leur utilité à mieux planifier la gestion des déchets de CRD en chantier. L'action numéro 1 est la plus utile et l'action numéro 4 est la moins utile.**

- ☐ Estimation, à titre indicatif, de la quantité de déchets à être produit ;
- ☐ Identifier le potentiel de 2R-V (Réemploi, Recyclage et Valorisation) des différents types de déchets ;
- ☐ Identification des destinations possibles des déchets, autre que l'enfouissement ;
- ☐ Identification, à titre indicatif, de la zone pouvant être occupée par les conteneurs.

**Q 2.4 Les exigences contractuelles suivantes permettent de mieux contrôler la gestion des déchets en chantier. Classifiez ces exigences contractuelles en fonction de leur efficacité à contrôler la gestion des déchets de CRD effectuée par l'entrepreneur. L'exigence numéro 1 est la plus efficace et l'exigence numéro 5 est la moins efficace.**

- ☐ Spécification d'un niveau d'expérience minimal en gestion des déchets (entrepreneur général) ;
- ☐ Exigence d'un plan de gestion des matériaux en chantier ;  
*Un plan de gestion des matériaux est un document indiquant les actions à prendre, la répartition des responsabilités ainsi que les noms des responsables en matière de gestion des matériaux en chantier.*
- ☐ Exigence d'un plan de gestion des déchets de CRD en chantier ;
- ☐ Présence de clauses de performance avec contrainte/incitatif financier ;
- ☐ Présence de clauses de performance sans contrainte/incitatif financier.

**Autres éléments à considérer qui n'ont pas été mentionnés :**

---



---

## **ANNEXE VII**

### **QUESTIONNAIRE – GROUPE DE DISCUSSION**





26 février 2008

*Note aux répondants*

Les questions suivantes visent les caractéristiques d'un outil d'aide à la conception visant à favoriser la réduction des déchets de construction-rénovation-démolition (CRD) des bâtiments.

**Q 1.1 En matière de réduction des déchets de CRD, à quel degré l'outil devrait aider à :**

Communiquer avec les intervenants du projet

☐ Très fortement    ☐ Fortement    ☐ Modérément    ☐ Faiblement    ☐ Très faiblement

Sensibiliser les intervenants du projet

☐ Très fortement    ☐ Fortement    ☐ Modérément    ☐ Faiblement    ☐ Très faiblement

Prendre des décisions

☐ Très fortement    ☐ Fortement    ☐ Modérément    ☐ Faiblement    ☐ Très faiblement

Jalonner les pratiques de l'industrie

☐ Très fortement    ☐ Fortement    ☐ Modérément    ☐ Faiblement    ☐ Très faiblement

Commentaires : \_\_\_\_\_

**Q 1.2 Pour évaluer une conception de bâtiment, à quel degré la pondération des critères d'évaluation de cette conception devrait avoir une influence sur les résultats obtenus ?**
☐ Très fortement    ☐ Fortement    ☐ Modérément    ☐ Faiblement    ☐ Très faiblement

Commentaires : \_\_\_\_\_

**Q 1.3 Quel type de donnée serait le plus approprié à utiliser pour évaluer la conception? (1 seule réponse possible)**
☐ Exclusivement quantitatif☐ Majoritairement quantitatif☐ Mixte 50%-50%☐ Majoritairement qualitatif☐ Exclusivement qualitatif

Autres : \_\_\_\_\_



26 février 2008

**Q 1.4 Les données requises pour répondre aux critères d'évaluation de la conception devraient être recueillies par (1 seule réponse possible) :**

- ☐ Tous les professionnels et le propriétaire au cours d'un atelier de travail
- ☐ Chaque spécialité de professionnels, individuellement
- ☐ Chaque spécialité de professionnel et ensuite être présentées et discutées entre les intervenants
- ☐ Un responsable "Construction durable"

Autres : \_\_\_\_\_

**Q 1.5 Quel type de résultat devrait être disponible afin d'évaluer la conception (1 seule réponse possible) ?**

- ☐ Exclusivement quantitatif
- ☐ Majoritairement quantitatif
- ☐ Mixte 50%-50%
- ☐ Majoritairement qualitatif
- ☐ Exclusivement qualitatif

Autres : \_\_\_\_\_

**Q 1.6 Dans le but d'optimiser la conception en matière de réduction des déchets de CRD, à quel degré les résultats devraient vous permettre de :**

Comparer différents scénarios

- ☐ Très fortement    ☐ Fortement    ☐ Modérément    ☐ Faiblement    ☐ Très faiblement

Suivre l'évolution de la conception

- ☐ Très fortement    ☐ Fortement    ☐ Modérément    ☐ Faiblement    ☐ Très faiblement

Analyser quantitativement les choix de conception

- ☐ Très fortement    ☐ Fortement    ☐ Modérément    ☐ Faiblement    ☐ Très faiblement

Identifier les forces et faiblesses du projet

- ☐ Très fortement    ☐ Fortement    ☐ Modérément    ☐ Faiblement    ☐ Très faiblement

Servir de base à des discussions

- ☐ Très fortement    ☐ Fortement    ☐ Modérément    ☐ Faiblement    ☐ Très faiblement

Commentaires : \_\_\_\_\_



26 février 2008

**Q 1.7 À quelle (s) phase (s) du projet les résultats de l'évaluation devraient être disponibles pour vous permettre d'optimiser la conception (Plus d'une réponse possible) ?**

- ☐ Définition du concept
- ☐ Conception préliminaire 50%
- ☐ Conception préliminaire 100%
- ☐ Conception détaillée 50%
- ☐ Conception détaillée 100%

Autres : \_\_\_\_\_

**Q 1.8 Dans le but de vous aider à utiliser l'outil, quel serait le degré d'utilité des éléments suivants :**

Présence de définitions aux termes importants contenus dans l'outil

- ☐ Indispensable    ☐ Très utile    ☐ Utile    ☐ Peu utile    ☐ Inutile

Présence de modèles de solution potentiellement applicables

- ☐ Indispensable    ☐ Très utile    ☐ Utile    ☐ Peu utile    ☐ Inutile

Présence d'un facilitateur externe dirigeant l'utilisation de l'outil

- ☐ Indispensable    ☐ Très utile    ☐ Utile    ☐ Peu utile    ☐ Inutile

Commentaires : \_\_\_\_\_



## **ANNEXE VIII**

### **VARIANTE D'OUTIL 1 – GROUPE DE DISCUSSION**

Cette annexe résume la présentation qui a été faite aux participants du groupe de discussion pour leur expliquer l'ergonomie de cette variante.

La variante 1 accompagne tout le processus de conception et de planification. D'abord pour émettre des objectifs propres au projet et ensuite pour l'évaluation la conception proprement dite. De cette manière, l'utilisation de cette variante implique autant les propriétaires que les concepteurs dans le processus de réduction des déchets. La variante présente un niveau de détail technique peu élevé et s'appuie sur données qualitatives provenant d'une échelle d'intensité de type Likert. Ces données sont recueillies en atelier de travail où tous les intervenants se réunissent pour évaluer la conception et les rencontres sont dirigées par un facilitateur externe. La conséquence directe de ces caractéristiques est que l'aspect communication est très présent dans cette variante. Au niveau des résultats fournis par cette variante, ils sont disponibles tôt dans le processus de conception et peuvent être analysés critère par critère en regard des objectifs définis. Une agglomération des résultats individuels en cote qualitative est aussi présentée sous forme graphique.

À la phase de planification, les propriétaires agissent comme répondants afin de formuler les objectifs du projet à deux niveaux. Le poids des catégories de critères, tel qu'illustré par la Figure VIII.1, est d'abord défini en répartissant un certain nombre de points entre elles. Des objectifs plus précis sont ensuite définis pour chacun des critères comme le montre la Figure VIII.2

Enjeu	Points
MINIMISATION DES MATÉRIAUX	5
FACILITATION DE LA GESTION EN CHANTIER	3
PRÉVISION DE LA FIN DU CYCLE DE VIE	7
ESPRIT DU CONTRAT	5

20 points à distribuer entre les 4 sections permettant de déterminer l'importance de chacune

**Figure VIII.1 Variante 1 – Pondération des enjeux.**

P.2 La structure est conçue de manière à être déconstruite

Priorisation des critères à la phase de la planification

1- Très important  
1- Très important  
2- Important  
3- Peu important  
4- Inutile  
5- Non applicable

**Figure VIII.2 Variante 1 – Formulation des objectifs.**

Aux phases de conception préliminaire et détaillée, menés par un facilitateur externe, les professionnels et les propriétaires forment un atelier de travail afin d'évaluer qualitativement la conception sur la base des critères pour lesquels les objectifs ont été définis. L'évaluation consiste à définir le degré auquel les critères de conception ont été mis en œuvre comme le montre la Figure VIII.3.

P.2 La structure est conçue de manière à être déconstruite


Réponse fournie lors d'un atelier de travail où les intervenants doivent en arriver à un consensus

4-En accord  
0-Fortement en désaccord  
1-En désaccord  
2-Faiblement en désaccord  
3-Faiblement en accord  
4-En accord  
5-Fortement en accord  
Non applicable  
Ne sait pas

**Figure VIII.3 Variante 1 – Collecte des données.**

Quant aux résultats, un premier tableau illustré à la Figure VIII.4 permet d'identifier les écarts entre les objectifs formulés dès la planification et l'état actuel de la conception.

Comparaison des objectifs et de l'évaluation	
No.	Énoncé
M.1	La conception du bâtiment réemploi des éléments de structure provenant de bâtiments démolis ou rénovés
M.2	Les matériaux de structure sont exposés et ne nécessitent aucun fini solide additionnel
M.3	La conception du bâtiment favorise l'utilisation d'élément préfabriqué
M.4	L'espace de chantier alloué permet l'implantation d'une zone de préfabrication



● Critère ayant été jugé **tres important** n'ayant pas atteint le niveau de performance requis

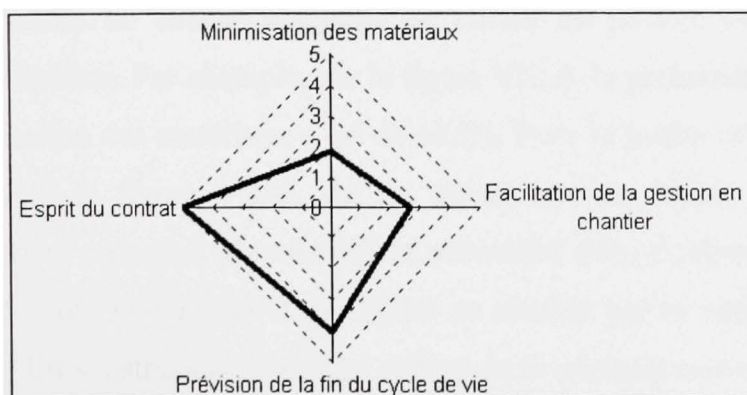
● Critère ayant été jugé **important** n'ayant pas atteint le niveau de performance requis

● Critère ayant été jugé **peu important** n'ayant pas atteint le niveau de performance requis

○ Critère ayant atteint le niveau de performance requis

**Figure VIII.4 Variante 1 – Résultats de suivi.**

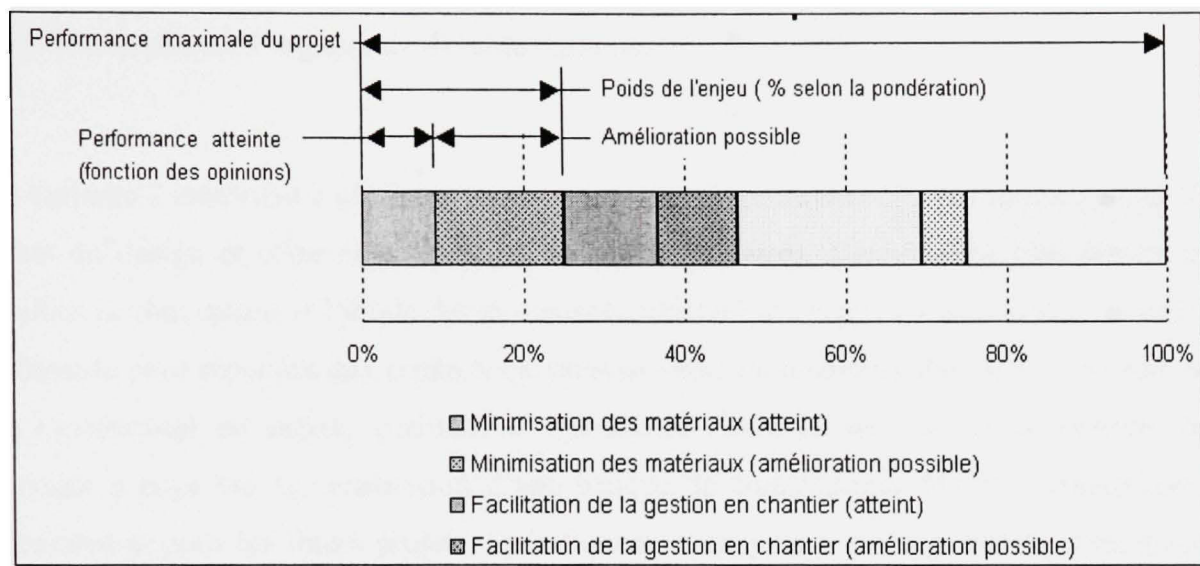
Un second type de résultat permet d'agglomérer l'évaluation des critères d'une même catégorie sur un graphique de type « RADAR » tel que montré à la Figure VIII.5. Les chiffres associés à l'échelle de type Likert sont alors utilisés attribuée la cote de performance



**Figure VIII.5 Variante 1 – Résultats agglomérés.**



Un dernier graphique illustré à la Figure VIII.6 prend en compte le poids accordé aux catégories de critères permettant ainsi d'identifier les catégories où les efforts de conception devraient être investis afin d'en tirer le plus de bénéfices considérant les priorités du projet.



**Figure VIII.6 Variante 1 – Résultats pondérés.**

On y considère que la performance maximale du projet est de 100 %. La proportion de la performance atteignable de chaque catégorie de critère est définie selon la pondération effectuée à la planification. Par exemple, sur la figure VIII.6, la performance maximale de la catégorie « minimisation des matériaux » est de  $\pm 25\%$ . Pour la même catégorie, en fonction de la cote atteinte à la figure VIII.5, on est en mesure de définir le pourcentage de performance atteint par rapport à la performance maximale. Pour l'obtenir, on doit diviser la cote obtenue par 5 (cote maximale) et multiplier ce résultat par la performance maximale atteignable (25%). En soustrayant le résultat obtenu de la performance maximale (25%), on obtient la performance pouvant encore être obtenue pour chaque critère (portion hachuré du graphique).

## **ANNEXE IX**

### **VARIANTE D'OUTIL 2 – GROUPE DE DISCUSSION**

Cette annexe résume la présentation qui a été faite aux participants du groupe de discussion pour leur expliquer l'ergonomie de cette variante.

La variante 2 intervient à plusieurs reprises au cours du processus de conception pour évaluer l'état du design et offre ainsi un suivi de son avancement. Deux volets sont prévus pour évaluer la conception et l'étude des documents habituels de projet (plans, devis, croquis) est suffisante pour répondre aux critères. Le premier volet est qualitatif alors que le second volet de l'évaluation est mixte, qualitatif et quantitatif. Outre le suivi de la conception, cette variante a pour but la constitution d'une banque de connaissance visant à sensibiliser les concepteurs pour les futurs projets. Spécifiquement au projet, les résultats de cette variante montrent, sous forme de tableaux, le pourcentage de critères respectés pour chaque catégorie de critères et pour le projet entier.

La Figure IX.1 montre les deux volets de l'évaluation d'un critère en cours de conception. Le premier volet est évalué par une question fermée (Oui/Non/Non applicable) et le second permet de préciser la réponse en fonction du degré d'avancement de la conception. La réponse au second volet est qualitative ou quantitative et évolue en fonction des détails disponibles selon l'avancement de la conception. Puisque le second volet exige des données plus précises, les professionnels sont alors individuellement responsables de répondre aux questions qui s'adressent à leur discipline.

**P.2** Est-ce que la structure est conçue de manière à être déconstruite

Quelles mesures ont été prises afin de favoriser la déconstruction pièce par pièce de la structure? Évaluez le pourcentage pouvant être déconstruit.

2-Non  
1-Oui  
2-Non  
3-Non applicable

Réponse fournie par l'ingénieur en structure

Entrez votre réponse ici

Réponses fournies par l'ingénieur en structure

**Figure IX.1 Variante 2 – Collecte des données.**

Au niveau des résultats issus du premier volet de l'évaluation, un tableau, montré à la Figure IX.2 affiche les résultats de chaque évaluation, permettant ainsi d'effectuer un suivi en cours de conception. Un autre tableau à la Figure IX.3, affiche le pourcentage de réponses positives accumulées par catégorie de critères évalués. Une appréciation relative de la conception par catégorie est alors possible.

No.	Questions	Réponses à l'évaluation			
		Préliminaire 50%	Préliminaire 100%	Détaillée 50%	Détaillée 100%
P.2	La structure est conçue de manière à être déconstruite	N/A	Oui	Oui	Oui

**Figure IX.2 Variante 2 – Résultats de suivi.**

Récapitulatif des cotes	
Cote Minimisation des matériaux	100%
Cote Facilitation de la gestion en chantier	50%
Cote Prévision du cycle de vie	33%
Cote Esprit du contrat	100%
<b>Cote Globale</b>	<b>75%</b>

Récapitulatif du pourcentage des crédits obtenus à chaque section

Cote globale de la conception

**Figure IX.3 Variante 2 – Résultats agglomérés.**



Quant au second volet de l'évaluation, les réponses fournies permettent de générer une fiche d'information du projet telle que montrée à la Figure IX.4. Cette fiche vise à constituer une banque d'information sur les stratégies identifiées et les moyens mis en œuvre afin de réduire les déchets de CRD. En utilisant l'outil à maintes reprises, une banque de connaissances regroupant ces fiches pourrait sensibiliser et éduquer les professionnels et leur servir de référence pour des projets futurs.

MINIMISATION DES MATÉRIAUX	
M.1 Minimisation des matériaux de structure	<div> Fiche d'information générée  automatiquement à partir des réponses  fournies aux questions de validation et  pouvant être intégrée à une base de  connaissance </div>
Réponses à la question de validation	
M.2 Minimisation des finis	
Réponses à la question de validation	

**Figure IX.4 Variante 2 – Banque de connaissances.**

## **ANNEXE X**

### **VARIANTE D'OUTIL 3 – GROUPE DE DISCUSSION**

Cette annexe résume la présentation qui a été faite aux participants du groupe de discussion pour leur expliquer l'ergonomie de cette variante.

L'évaluation proposée par la variante 3 intervient à la phase de conception détaillée. La variante présente un niveau de détail élevé et s'appuie sur des données quantitatives pour évaluer la conception. Pour guider les concepteurs vers des choix pouvant réduire les déchets de CRD dès la conception, la variante 3 propose des stratégies applicables, inspiré du fonctionnement de LEED, et réfère à des exemples de projet ayant tenu compte de cet enjeu. Au niveau des résultats, l'inspiration de SBTool implique que la performance des critères est définie en fonction d'une échelle uniforme pour l'industrie. Le mode de calcul des résultats de SBTool permet aussi de proposer une variante d'évaluation où la performance de chacun des critères influence le résultat final et où il est possible de donner plus de poids à certains critères présentant plus d'impact pour le projet en cours.

La première intervention de l'outil consiste à définir le poids de chaque critère de conception en fonction de son impact sur la réduction des déchets. Avec des échelles qualitatives, les intervenants doivent se prononcer, entre autres, sur l'intensité de l'effet apporté par le critère sur la génération de déchets et sur le moment du cycle de vie où sera ressenti cet effet. La pondération est calculée automatiquement en considérant les points cumulés pour chacun des critères. La Figure X.1 montre un extrait de la grille de pondération prévue par la variante 3 et inspirée de SBTool.

No.	Éléments sur lesquels la pondération est calculée	Intensité de l'effet: faible (1), moyen (2), élevé (3)	Effet ressenti à: court et moyen terme (2), long terme (1)	Type d'effet: Recyclage (1), Réduction à la source (2)	Poids global du critère
PRÉVISION DE LA FIN DU CYCLE DE VIE					
P.1	INVENTAIRE DES COMPOSANTES DU BÂTIMENT	1	1	1	5%
P.2	DÉCONSTRUCTION DE LA STRUCTURE	3	1	1	8%
P.3a	RÉCUPÉRATION DE L'ENVELOPPE	2	1	1	6%
P.3b	RÉCUPÉRATION DES FINIS	2	1	1	6%

Pondération globale du critère d'évaluation calculé automatiquement

**Figure X.1 Variante 3 – Pondérations des critères.**

En cours de conception, les professionnels peuvent être guidés par les définitions des critères, les stratégies et les exemples de réalisations contenues dans l'outil afin d'optimiser leur performance. Une fois que la conception a atteint un stade assez avancé, les concepteurs doivent calculer la performance atteinte par chaque critère. Les documents du projet (plan, devis, croquis) aident à évaluer la conception, mais des données supplémentaires provenant des estimations peuvent être requises. Des grilles de calcul sont fournies au concepteur afin d'encadrer l'évaluation. Un exemple est donné pour le critère visant à évaluer le potentiel de déconstruction de la structure. Les Figures X.2 et X.3 montrent les grilles de calculs à remplir permettant d'identifier la quantité de matériaux de structure pour lesquels des mesures visant à faciliter la déconstruction ont été prises.

Grille de calcul 1		
Type d'élément de structure	Quantité	Proportion
Unité	(kg)	%
Colonne	4000	35%
Poutre	5000	43%
Contreventement	565	5%
Dalle	2000	17%

Quantité de matériaux de structure devant être estimée par l'ingénieur en structure

**Figure X.2 Variante 3 – Grille de calcul 1.**



**Grille de calcul 2**

Type de mesures favorisant la déconstruction	% applicable				Points
	Colonne	Poutre	Contreventement	Dalle	
Assemblages boulonnés, mécaniques	100%	100%	100%	100%	1,00
Document détaillant les étapes de construction remis au propriétaire (texte et croquis)	0%	0%	0%	0%	0,00
Document détaillant les étapes de déconstruction remis au propriétaire (texte et croquis)	0%	0%	0%	0%	0,00
Accès pour inspection	100%	100%	100%	100%	1,00
Éléments de structure offrant des possibilités pour le renforcement	50%	50%	0%	0%	0,39
					<b>2,39</b>

Mesures favorisant la déconstruction identifiées dans la littérature

Pour chaque élément de structure, le concepteur doit estimer un % pour lequel la mesure correspondante s'applique.

Points cumulés par mesure

Points cumulés pour ce critère. Une fois comparé aux pratiques de l'industrie, une cote de performance est attribuée

**Figure X.3 Variante 3 – Grille de calcul 2.**

À partir de ces grilles, un nombre de points, entre 0 et 5, est calculé automatiquement (Figure X.3). En fonction de l'échelle de performance uniformément défini pour l'industrie (médiocre – 0 pt, minimal – 1 pt, bonnes pratiques – 3 pts et excellence – 5 pts) à la Figure X.4, les concepteurs peuvent situer le niveau de leur performance.

**P.2** En fonction de la quantité des éléments de structure du bâtiment et en fonction du nombre de mesures prises favorisant la déconstruction, la grille de calcul ci-après permettra de calculer une cote de performance

Médiocre  
Seuil minimal  
Seuil des bonnes pratiques  
Excellence

Échelle de performance de 1 à 5 définie pour l'industrie locale

Lien vers une grille de calcul permettant de calculer la cote de performance

Grille de calcul

Cote obtenue

Cote calculée automatiquement par la grille de calcul

0  
1  
3  
5

2,39

**Figure X.4 Variante 3 – Collecte des données.**

Comme les grilles de calcul permettent de le déceler, l'évaluation exige des données quantitatives précises. Pour cette raison, chaque spécialité évalue les critères concernant leur portion de la conception. En matière de résultat, le tableau de la Figure X.5 montre un extrait de ce qu'offre la variante 3. On y retrouve le critère, la cote de performance, le poids du critère et la cote pondérée. Les résultats individuels sont pondérés et agglomérés par catégorie de critères. Une addition globale permet d'obtenir la cote finale du projet variant de zéro à cinq.

Récapitulatif des performances				
No.	Critère	Cote (0 à 5)	Poids	Cote pondérée
<b>MINIMISATION DES MATÉRIAUX</b>				
M.1	RÉEMPLOI DES ÉLÉMENTS DE STRUCTURE	3,20	11%	0,34
M.2	MINIMISATION DES FINIS	3,63	9%	0,33
M.3	OPTIMISATION DE LA PRÉFABRICATION	2,00	9%	0,18
M.5	MINIMISATION DES OUVRAGES TEMPORAIRES	4,00	9%	0,36
Cote section				<b>3,21</b>
<b>ESPRIT DU CONTRAT</b>				
C.1	MÉTHODE DE SÉLECTION DE L'ENTREPRENEUR	3,00	6%	0,18
C.2	EXIGENCES DU PLAN DE GESTION	3,00	8%	0,23
C.3	NIVEAU DE SUIVI EN CHANTIER	2,00	6%	0,12
Cote section				<b>2,69</b>
Cote Globale (0 à 5)				<b>3,05</b>

**Figure X.5 Variante 3 – Tableau des résultats.**

## **ANNEXE XI**

### **FEUILLES EXCEL DU PROTOTYPE DE L'OUTIL**



## ACCUEIL - PAGE DE NAVIGATION

### PONDÉRATION ET CRITÈRES DE CONCEPTION

### RÉSULTATS

#### 0. PONDÉRATION DES CATÉGORIES DE CRITÈRES

#### **1. MINIMISATION DES MATÉRIAUX**

##### 1.1 Minimisation des matériaux de finition

##### 1.2 Emploi d'éléments préfabriqués

##### 1.3 Intégration de matériaux récupérés et/ou réutilisés au bâtiment projeté

##### 1.4 Standardisation des matériaux

##### 1.5 Intégration de contenu recyclé dans les matériaux spécifiés

##### 1.6 Minimisation des ouvrages temporaires

#### **2. PRÉVISION DE LA FIN DU CYCLE DE VIE**

##### 2.1 Éléments de conception favorisant la flexibilité des espaces

##### 2.2 Éléments de conception favorisant la flexibilité de la structure

##### 2.3 Éléments de conception favorisant la déconstruction du bâtiment

##### 2.4 Inventaire des éléments constituant le bâtiment

##### 2.5 Éléments de conception favorisant la recyclabilité du bâtiment

#### **3. FACILITATION DE LA GESTION EN CHANTIER**

##### 3.1 Estimation des déchets produits en chantier

##### 3.2 Identification du potentiel de 3R-V et destination

##### 3.3 Tri sélectif des déchets de CRD

#### **4. CLAUSES CONTRACTUELLES**

##### 4.1 Présence de clauses de performance avec contrainte/incitatif financier

##### 4.2 Exigence d'un plan de gestion des déchets de CRD en chantier

RÉSULTATS PORTE A  
OBJECTIFS

RÉSULTATS PORTE B  
1. MINIMISATION DES MATÉRIAUX

RÉSULTATS PORTE B  
2. PRÉVISION DE LA FIN DU CYCLE DE VIE

RÉSULTATS PORTE B  
3. FACILITATION DE LA GESTION ET 4. CLAUSES  
CONTRACTUELLES

RÉSULTATS PORTE C  
TOUS LES ENJEUX

RÉSULTATS PORTE C  
PERFORMANCE PONDÉRÉE  
TOUS LES ENJEUX

## &lt;&lt; RETOUR À LA PAGE DE NAVIGATION

## PORTE A - PLANIFICATION

## Pondération des catégories de critères

Un maximum de 24 points est disponible. Veuillez les attribuer en fonction de l'importance que vous accordez à chaque enjeu. Une cote de 0 représente un enjeu n'ayant aucune importance. Une cote de 6 représente la neutralité des enjeux entre eux et une cote de 24 indique une extrême importance de l'enjeu.

## ENJEU

## POINTS

## 1. MINIMISATION DES MATÉRIAUX

▲		11
▼		

La minimisation des matériaux constituant un bâtiment permet de réduire les déchets de CRD sur toutes les étapes de son cycle de vie. Avant même que la construction ne débute, le fait de réduire la demande en matériaux réduit les déchets liés à leur fabrication. Lors de la construction, les déchets liés, entre autres, à l'emballage et aux résidus de coupes des matériaux évités, sont évités. À l'étape de la maintenance, les besoins de remplacement de ces matériaux sont réduits et moins de déchets sont envoyés vers l'enfouissement. Enfin, lors de la rénovation ou de la démolition du bâtiment, un volume moindre de débris de démolition est généré.

## 2. PRÉVISION DE LA FIN DU CYCLE DE VIE

▲		2
▼		

La prévision de la fin du cycle de vie d'un bâtiment dès sa conception permet de réduire les déchets de CRD lors de rénovations ultérieures ou lors de la démolition. Les différents éléments constituant le bâtiment pourront alors plus facilement être détournés des sites d'enfouissement parce que la conception, à l'aide de différentes dispositions, aura prévu la réutilisation, la récupération ou le recyclage de ces éléments.

## 3. FACILITATION DE LA GESTION EN CHANTIER

▲		7
▼		

Le fait de tenir compte de la gestion des déchets en chantier dès la conception permet de réduire le volume de déchets envoyés aux sites d'enfouissement sur une étape du cycle de vie du bâtiment: la construction. Les déchets n'ayant pu être évités à la source sont ainsi traités et dirigés vers les filières appropriées.

## 4. ESPRIT DU CONTRAT

▲		4
▼		

Les clauses contractuelles liées aux déchets de CRD ont un impact sur la gestion et sur le contrôle effectué en chantier lors d'une étape du cycle de vie: la construction. Des clauses contractuelles appropriées permettent de s'assurer que le détournement des déchets des sites d'enfouissement sera compris et respecté.

Somme

24

Pointage OK

DÉBUT DES CRITÈRES &gt;&gt;



## &lt;&lt; RETOUR À LA PAGE DE NAVIGATION

## 1. MINIMISATION DES MATERIAUX

## 1.1 Minimisation des matériaux de finition

Définition:

Par matériaux de finition, on considère les matériaux servant de revêtement muraux, de plancher, de plafond et de divers éléments de structure.

Impact sur la réduction des déchets de CRD:

La minimisation des matériaux de finition favorise la réduction des déchets de CRD à deux étapes du cycle de vie des bâtiments. D'abord, au moment de la construction en réduisant les déchets dû à la fabrication de matériaux neufs ainsi que par la réduction des résidus de coupes liés à la pose de ces matériaux. Ensuite, lors de la rénovation ou de la démolition du bâtiment, par la réduction des quantités de résidus à traiter.

Bénéfices possibles:

À court terme, la minimisation des matériaux de finition a une incidence à la baisse sur les coûts d'achats des matériaux puisque les quantités sont réduites. Pour les mêmes raisons, les délais de réalisation des travaux de finition sont aussi réduits. À long terme, les coûts de maintenance s'en trouveront aussi réduits et les travaux de rénovation, s'il y a lieu, s'en trouveront simplifiés en raison d'une quantité de matériaux moindre à traiter

## PLANIFICATION

## Cible et critères de succès

## Échelle de performance

## Définitions

PASSABLE (1 pt)	Une faible proportion de la surface de la catégorie visée accessible au public ne nécessite pas de matériaux de finition.
BIEN (2 pts)	Une proportion modérée de la surface de la catégorie visée accessible au public ne nécessite pas de matériaux de finition.
TRES BIEN (3pts)	Une proportion significative de la surface de la catégorie visée accessible au public ne nécessite pas de matériaux de finition.

Catégorie / Performance	C2020 - Finis escalier	C3010 - Finis mur	C3020 - Finis plancher	C3030 - Finis plafond
Passable	Minimum 3 Points (Plus de 70% des catégories doivent être PASSABLE ou ÉQUIVALENT)			
Bien	Minimum 7 Points (Plus de 50% des catégories doivent être BIEN + 0% des catégories inférieures à PASSABLE ou ÉQUIVALENT)			
Très Bien	Minimum 11 Points (Plus de 50% des catégories doivent être TRES BIEN + 0% des catégories inférieures à BIEN)			

L'objectif visé est :

Passable

## MATRICE DE SUCCÈS ENVISAGÉE

Catégorie / Performance	C2020 - Finis escalier	C3010 - Finis mur	C3020 - Finis plancher	C3030 - Finis plafond
Passable				X
Bien				
Très Bien	X	X	X	

Vérification de la conformité

OK

## ESQUISSES

## Préoccupations

## C1-1.1

**Assurer des dispositions constructives ne nécessitant pas de matériaux de finition supplémentaires**

Exemple de stratégies à mettre en place:

Privilégier les enduits et peintures

Privilégier les types de structures pouvant être apparente

Spécification de la qualité de finition des matériaux de structure

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

Satisfaisant et justifié

## CONCEPT PRÉLIMINAIRE

## Performance

En fonction des cibles de performances identifiées, comment jugez-vous la conception quant à la minimisation des matériaux de finition au niveau de:

1.1.1	C2020 - Finis escalier	Passable
1.1.2	C3010 - Finis mur	Passable
1.1.3	C2020 - Finis plancher	Passable
1.1.4	C2020 - Finis plafond	Mediocre

CRITÈRE SUIVANT &gt;&gt;



## &lt;&lt; RETOUR À LA PAGE DE NAVIGATION

## 1. MINIMISATION DES MATERIAUX

## 1.2 Emploi d'éléments préfabriqués

Définition:

La préfabrication est l'exécution en série d'éléments de construction prêt à l'assemblage (OLF, 2007)

Impact sur la réduction des déchets de CRD:

L'emploi d'élément préfabriqué a un impact sur la production des déchets de CRD à l'étape de la construction. Dans le cas des éléments nécessitant des moules ou coffrages modulaire, la quantité de matériaux requis en réutilisant ces moules à maintes reprises. En raison de l'environnement contrôlé en usine, il devient aussi plus facile d'optimiser l'utilisation des matériaux et de gérer plus facilement les résidus produits par les opérations. La préfabrication peut aussi avoir un impact sur la production de déchets à la fin du cycle de vie du bâtiment. En effet, les éléments préfabriqués, selon leur mode de fixation, pourraient être plus facilement démontable sans risquer de les endommager.

Bénéfices possibles:

L'emploi d'éléments préfabriqués permet d'effectuer des gains sur l'échéancier en chantier, car seules les opérations d'assemblage ont lieu en chantier. De plus, l'attente dû au durcissement de certains matériaux (béton, mortier, silicone, etc...) n'a pas lieu en chantier, mais plutôt à l'usine de préfabrication où l'optimisation des délais est plus facilement réalisable. Le travail en usine ou dans une zone spécialement conçue pour les besoins de la préfabrication permet aussi d'améliorer la productivité de la main d'œuvre en raison du caractère répétitif des opérations. L'amélioration de la qualité est aussi rendu possible dû au contrôle de l'environnement de travail.

## PLANIFICATION

## Cible et critères de succès

## Définitions

## Échelle de performance

PASSABLE (1 pt) Faible présence d'éléments préfabriqués dans la catégorie visée

BIEN (2 pts) Présence modérée d'éléments préfabriqués dans la catégorie visée

TRES BIEN (3pts) Présence significative d'éléments préfabriqués dans la catégorie visée

Catégorie / Seuil	A10 / A20 - Fondations /	B10 - Superstructure	B20 - Enveloppe extérieure	B30 - Toiture	C10 - Constructions intérieures	C20 - Escaliers	C30 - Finition intérieure
Passable	Minimum 5 Points (Plus de 70% des catégories doivent être PASSABLE ou ÉQUIVALENT)						
Bien	Minimum 11 Points (Plus de 50% des catégories doivent être BIEN + 0% des catégories inférieures à PASSABLE ou ÉQUIVALENT)						
Très Bien	Minimum 18 Points (Plus de 50% des catégories doivent être TRES BIEN + 0% des catégories inférieures à BIEN)						

L'objectif visé est :

Bien

## MATRICE DE SUCCÈS ENVISAGÉE

Catégorie / Seuil	A10 / A20 - Fondations /	B10 - Superstructure	B20 - Enveloppe extérieure	B30 - Toiture	C10 - Constructions intérieures	C20 - Escaliers	C30 - Finition intérieure
Passable							
Bien				X			
Très Bien							

Vérification de la conformité

A REVOIR

## ESQUISSES

## Préoccupations

## C1-1.2 Assurer des dispositions constructives favorisant l'emploi d'éléments préfabriqués

Exemple de stratégies à mettre en place:

Privilégier des dimensions répétitives et modulaires

Prévoir le phasage des travaux en fonction de la préfabrication

Spécifier contractuellement les éléments devant être préfabriqués

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation

Satisfaisant et Justifié

## C2-1.2 Reflexion sur l'aménagement de la zone de chantier

Exemple de stratégies à mettre en place:

Permettre l'implantation d'une zone de préfabrication juxtaposée au chantier

Permettre l'implantation d'une zone d'entreposage pour les éléments préfabriqués

Permettre l'accès aux équipements pour la mise en place des éléments préfabriqués

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation

Satisfaisant et Justifié

## C3-1.2 Assurer la disponibilité des éléments

Exemple de stratégies à mettre en place:

Prendre contact avec des fournisseurs potentiels

Exigences contractuelles d'utiliser des éléments préfabriqués

Pré-achat des matériaux

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation

Peu satisfaisant

## CONCEPT PRÉLIMINAIRE

## Performance

En fonction des cibles de performances identifiées, comment jugez-vous la conception quant à l'intégration d'éléments préfabriqués au niveau de:

1.2.1	A10 / A20 - Fondations	Mediocre
1.2.2	B10 - Superstructure	Tres Bien
1.2.3	B20 - Enveloppe extérieure	Passable
1.2.4	B30 - Toiture	Bien
1.2.5	C10 - Constructions intérieures	Bien
1.2.6	C20 - Escaliers	Passable
1.2.7	C30 - Finition intérieure	Tres Bien

CRITÈRE SUIVANT >>



## &lt;&lt; RETOUR À LA PAGE DE NAVIGATION

## 1. MINIMISATION DES MATERIAUX

## 1.3 Intégration de matériaux récupérés et/ou réutilisés au bâtiment projeté

Définition:

Un matériau est considéré comme étant récupéré lorsque son usage projeté ne nécessite pas de transformation majeure par rapport à son état original.

Impact sur la réduction des déchets de CRD:

La récupération ou la réutilisation des éléments des bâtiments existants favorise la réduction des déchets de CRD à deux étapes du cycle de vie des bâtiments. D'abord, lors de la démolition en détournant une certaine quantité de déchet des sites d'enfouissement et ensuite, au moment de la construction des bâtiments neufs en réduisant les déchets dû à la fabrication de matériaux neufs.

Bénéfices possibles:

Dans certains cas, l'emploi de matériaux récupérés peut réduire les coûts liés à l'achat des matériaux de construction. L'emploi visible de matériaux récupérés peut aussi favoriser l'amélioration de l'esthétique des bâtiments.

## PLANIFICATION

## Cible et critères de succès

## Définitions

## Échelle de performance

PASSABLE (1 pt)	Sur la base de l'évaluation LEED NC, on retrouve une faible présence de matériaux récupérés ou réutilisés dans la catégorie visée (De 1% à 5% du coût des matériaux de la catégorie).
BIEN (2 pts)	Sur la base de l'évaluation LEED NC, on retrouve une présence modérée de matériaux récupérés ou réutilisés dans la catégorie visée (De 5% à 10% du coût des matériaux de la catégorie).
TRES BIEN (3pts)	Sur la base de l'évaluation LEED NC, on retrouve une présence significative de matériaux récupérés ou réutilisés dans la catégorie visée (Plus de 10% du coût des matériaux de la catégorie).

Catégorie / Performance	A10 / A20 - Fondations	B10 - Superstructure	B20 - Enveloppe extérieure	B30 - Toiture	C10 - Constructions intérieures	C20 - Escaliers	C30 - Finition intérieure	D - Services
Passable	Minimum 6 Points (Plus de 70% des catégories doivent être PASSABLE ou ÉQUIVALENT)							
Bien	Minimum 13 Points (Plus de 50% des catégories doivent être BIEN + 0% des catégories inférieures à PASSABLE ou ÉQUIVALENT)							
Très Bien	Minimum 21 Points (Plus de 50% des catégories doivent être TRES BIEN + 0% des catégories inférieures à BIEN)							

L'objectif visé est :

Tres bien

## MATRICE DE SUCCÈS ENVISAGÉE

Catégorie / Performance	A10 / A20 - Fondations	B10 - Superstructure	B20 - Enveloppe extérieure	B30 - Toiture	C10 - Constructions intérieures	C20 - Escaliers	C30 - Finition intérieure	D - Services
Passable								
Bien								
Très Bien								

Vérification de la conformité

À REVOIR

## ESQUISSES

## Préoccupations

## C1-1.3

Assurer la recherche efficace de matériaux à récupérer ou réutiliser

Exemple de stratégies à mettre en place:

- Nomination d'un responsable / coordonnateur à la recherche
- Prise de contact avec des entreprises en démolition
- Visite des bâtiments à démolir
- Prise de contact avec des entreprises en recyclage de matériaux de construction
- Pré-achat des matériaux à récupérer
- Recherche de matériaux dans le parc immobilier du client

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

En voie d'être satisfaisant

## C2-1.3

Assurer l'intégration des matériaux récupérés à la conception à venir

Exemple de stratégies à mettre en place:

- Identification des conditions d'entreposage requises
- Identification des tests de conformité à être effectués
- Prise en compte de la flexibilité requise dans la conception

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

En voie d'être satisfaisant

## CONCEPT PRÉLIMINAIRE

## Performance

En fonction des cibles de performances identifiées, comment jugez-vous la conception quant à l'intégration de matériaux récupérés ou réutilisés au niveau de:

1.3.1	A10 / A20 - Fondations	Passable
1.3.2	B10 - Superstructure	Bien
1.3.3	B20 - Enveloppe extérieure	Bien
1.3.4	B30 - Toiture	Bien
1.3.5	C10 - Constructions intérieures	Bien
1.3.6	C20 - Escaliers	Tres Bien
1.3.7	C30 - Finition intérieure	Mediocre
1.3.8	D - Services	Mediocre

CRITÈRE SUIVANT &gt;&gt;



## &lt;&lt; RETOUR À LA PAGE DE NAVIGATION

**1. MINIMISATION DES MATERIAUX****1.4 Standardisation des matériaux**Définition:

La standardisation des matériaux minimise les différences entre les caractéristiques de dimensions, d'esthétique et de composition pour un même type d'éléments du bâtiment.

Impact sur la réduction des déchets de CRD:

Les efforts de standardisation des matériaux ont un effet sur deux étapes du cycle de vie du bâtiment. Au moment de la construction, puisque la conception prévoit l'utilisation d'un nombre réduit de différents éléments jouant un le même rôle, les surplus de commandes sont plus facilement réutilisables ailleurs dans le bâtiments ou plus facilement triable en raison de leur homogénéité. Les risques d'erreurs à la mise en place sont aussi réduits et les déchets causés par la reprise des travaux sont réduits. Quant au moment des rénovations ou de la démolition, il est plus facile de gérer les matériaux de démolition en raison de leur homogénéité.

Bénéfices possibles:

Lors de la construction, la standardisation des matériaux facilite les activités de commandes et de gestion des matériaux en limitant les différents types de matériaux présent en chantier. Il devient possible de centraliser la gestion des matériaux et ainsi réduire les coûts causés par des pertes dues aux commandes excessives en cours de chantier. Les risque de coûts supplémentaires liés aux erreurs de mise en place sont aussi réduits. Enfin, les types d'interventions à faire pour la maintenance du bâtiment seront simplifiés en raison de l'homogénéité des caractéristiques des matériaux.

**PLANIFICATION****Cible et critères de succès****Échelle de performance****Définitions**

PASSABLE (1 pt)	Des dispositions ont été prises pour éliminer les différents types (couleur composition, dimensions) d'éléments pour seul élément de la catégorie visée.
BIEN (2 pts)	Des dispositions ont été prises pour éliminer les différents types (couleur composition, dimensions) d'éléments pour un nombre d'éléments modérés de la catégorie visée.
TRES BIEN (3pts)	Des dispositions ont été prises pour éliminer les différents types (couleur composition, dimensions) d'éléments pour la quasi-totalité des éléments de la catégorie visée.

Catégorie / Seuil	B20 - Enceinte extérieure	C10 - Constructions intérieure	C20 - Escalier	C30 - Finition intérieure	D - Services
Passable	Minimum 4 Points (Plus de 70% des catégories doivent être PASSABLE ou ÉQUIVALENT)				
Bien	Minimum 8 Points (Plus de 50% des catégories doivent être BIEN + 0% des catégories inférieures à PASSABLE ou ÉQUIVALENT)				
Très Bien	Minimum 13 Points (Plus de 50% des catégories doivent être TRES BIEN + 0% des catégories inférieures à BIEN)				

L'objectif visé est :

**Passable****MATRICE DE SUCCÈS ENVISAGÉE**

Catégorie / Seuil	B20 - Enceinte extérieure	C10 - Constructions intérieure	C20 - Escalier	C30 - Finition intérieure	D - Services
Passable					
Bien					
Très Bien					

Vérification de la conformité

**A REVOIR****ESQUISSES****Préoccupations****C1-1.4 Réflexion sur les possibilités d'uniformiser les types de matériaux**Exemple de stratégies à mettre en place:

Dresser une liste des éléments requis pour le projet à partir des catégories UNIFORMAT

Étudier les impacts que causeraient l'uniformisation des éléments (isolant, portes, colombages, tuiles, etc...)

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

**Peu satisfaisant****CONCEPT PRÉLIMINAIRE****Performance**

En fonction des cibles de performances identifiées, comment jugez-vous la conception quant à la standardisation des matériaux de:

1.4.2	B20 - Enveloppe extérieure	<b>Tres Bien</b>
1.4.4	C10 - Constructions intérieures	<b>Tres Bien</b>
1.4.5	C20 - Escaliers	<b>Tres Bien</b>
1.4.6	C30 - Finition intérieure	<b>Tres Bien</b>
1.4.7	D - Services	<b>Tres Bien</b>

**CRITÈRE SUIVANT >>**



## &lt;&lt; RETOUR À LA PAGE DE NAVIGATION

## 1. MINIMISATION DES MATERIAUX

## 1.4 Standardisation des matériaux

Définition:

La standardisation des matériaux minimise les différences entre les caractéristiques de dimensions, d'esthétisme et de composition pour un même type d'éléments du bâtiment.

Impact sur la réduction des déchets de CRD:

Les efforts de standardisation des matériaux ont un effet sur deux étapes du cycle de vie du bâtiment. Au moment de la construction, puisque la conception prévoit l'utilisation d'un nombre réduit de différents éléments jouant un le même rôle, les surplus de commandes sont plus facilement réutilisables ailleurs dans le bâtiments ou plus facilement triable en raison de leur homogénéité. Les risques d'erreurs à la mise en place sont aussi réduits et les déchets causés par la reprise des travaux sont réduits. Quant au moment des rénovations ou de la démolition, il est plus facile de gérer les matériaux de démolition en raison de leur homogénéité.

Bénéfices possibles:

Lors de la construction, la standardisation des matériaux facilite les activités de commandes et de gestion des matériaux en limitant les différents types de matériaux présent en chantier. Il devient possible de centraliser la gestion des matériaux et ainsi réduire les coûts causés par des pertes dues aux commandes excessives en cours de chantier. Les risque de coûts supplémentaires liés aux erreurs de mise en place sont aussi réduits. Enfin, les types d'interventions à faire pour la maintenance du bâtiment seront simplifiés en raison de l'homogénéité des caractéristiques des matériaux.

## PLANIFICATION

## Cible et critères de succès

## Échelle de performance

## Définitions

PASSABLE (1 pt)	Des dispositions ont été prises pour éliminer les différents types (couleur composition, dimensions) d'éléments pour seul élément de la catégorie visée.
BIEN (2 pts)	Des dispositions ont été prises pour éliminer les différents types (couleur composition, dimensions) d'éléments pour un nombre d'éléments modérés de la catégorie visée.
TRES BIEN (3pts)	Des dispositions ont été prises pour éliminer les différents types (couleur composition, dimensions) d'éléments pour la quasi-totalité des éléments de la catégorie visée.

Catégorie / Seuil	B20 - Enceinte extérieure	C10 - Constructions intérieure	C20 - Escalier	C30 - Finition intérieure	D - Services
Passable	Minimum 4 Points (Plus de 70% des catégories doivent être PASSABLE ou ÉQUIVALENT)				
Bien	Minimum 8 Points (Plus de 50% des catégories doivent être BIEN + 0% des catégories inférieures à PASSABLE ou ÉQUIVALENT)				
Très Bien	Minimum 13 Points (Plus de 50% des catégories doivent être TRES BIEN + 0% des catégories inférieures à BIEN)				

L'objectif visé est :

Passable

## MATRICE DE SUCCÈS ENVISAGÉE

Catégorie / Seuil	B20 - Enceinte extérieure	C10 - Constructions intérieure	C20 - Escalier	C30 - Finition intérieure	D - Services
Passable					
Bien					
Très Bien					

Vérification de la conformité

A REVOIR

## ESQUISSES

## Préoccupations

## C1-1.4 Réflexion sur les possibilités d'uniformiser les types de matériaux

Exemple de stratégies à mettre en place:

Dresser une liste des éléments requis pour le projet à partir des catégories UNIFORMAT

Étudier les impacts que causeraient l'uniformisation des éléments (isolant, portes, colombages, tuiles, etc...)

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

Peu satisfaisant

## CONCEPT PRÉLIMINAIRE

## Performance

En fonction des cibles de performances identifiées, comment jugez-vous la conception quant à la standardisation des matériaux de:

1.4.2	B20 - Enveloppe extérieure	Tres Bien
1.4.4	C10 - Constructions intérieures	Tres Bien
1.4.5	C20 - Escaliers	Tres Bien
1.4.6	C30 - Finition intérieure	Tres Bien
1.4.7	D - Services	Tres Bien

CRITÈRE SUIVANT &gt;&gt;



## &lt;&lt; RETOUR À LA PAGE DE NAVIGATION

## 1. MINIMISATION DES MATERIAUX

## 1.6 Minimisation des ouvrages temporaires

Définition:

Un ouvrage temporaire représente la construction d'un élément nécessaire à la construction du bâtiment sans toutefois que cet élément ne demeure dans la construction finale de celui-ci (étalement, coffrages, échafaudage, murs de soutènement temporaire, etc.).

Impact sur la réduction des déchets de CRD:

La minimisation des ouvrages temporaires réduit les déchets de CRD à l'étape de la construction. Bien que les matériaux liés aux ouvrages temporaires soit fréquemment réutilisés, il demeure qu'une certaine partie de ces matériaux puisse être endommagée et deviennent ultimement des déchets de CRD. De plus, la fabrication de ces ouvrages produit des résidus de coupes.

Bénéfices possibles:

La réduction des ouvrages temporaires a une influence à la baisse sur les coûts en raison d'une diminution de la demande en matériaux et en heures de main d'œuvre. Les frais d'honoraires professionnels dû à confection des plans des ouvrages temporaires et à leur certification sont aussi évités. De plus, les délais de construction sont raccourcis puisque la construction et le démantèlement de ces ouvrages est évité. Enfin, en minimisant les ouvrages temporaires, les risques subis par la main d'œuvre en chantier sont réduits.

## PLANIFICATION

## Cible et critères de succès

## Définitions

## Échelle de Performance

## PASSABLE (1 pt)

Des dispositions ont été prises pour éliminer une faible proportion des ouvrages temporaires habituellement requis par les travaux de la catégories visée.

## BIEN (2 pts)

Des dispositions ont été prises pour éliminer une proportion modérée des ouvrages temporaires habituellement requis par les travaux de la catégories visée.

## TRES BIEN (3 pts)

Des dispositions ont été prises pour éliminer la quasi-totalité des ouvrages temporaires habituellement requis par les travaux de la catégories visée.

Catégorie / Seuil	A10 / A20 - Fondations	B10 - Superstructure	B20 - Enveloppe extérieure	B30 - Toiture	C20 - Escalier
Passable	Minimum 4 Points (Plus de 70% des catégories doivent être PASSABLE ou ÉQUIVALENT)				
Bien	Minimum 8 Points (Plus de 50% des catégories doivent être BIEN + 0% des catégories inférieures à PASSABLE ou ÉQUIVALENT)				
Très Bien	Minimum 13 Points (Plus de 50% des catégories doivent être TRES BIEN + 0% des catégories inférieures à BIEN)				

L'objectif visé est :

Tres bien

## MATRICE DE SUCCÈS ENVISAGÉE

Catégorie / Seuil	A10 / A20 - Fondations	B10 - Superstructure	B20 - Enveloppe extérieure	B30 - Toiture	C20 - Escalier
Passable (1 pt)			X	X	X
Bien (2 pts)		X			
Très Bien (3 pts)	X				

Vérification de la conformité

À REVOIR

## ESQUISSES

## Préoccupations

## C1-1.6 Réflexion sur l'organisation du chantier

Exemple de stratégies à mettre en place:

Prévoir un passage des travaux limitant les ouvrages temporaires  
Prévoir des barrières et des accès ne nécessitant d'être modifié en cours de travaux  
Prévoir l'impact des saisons sur les travaux

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

Satisfaisant et justifié

## C2-1.6

## Prise en compte des ouvrages temporaires dans les spécifications de la conception

Exemple de stratégies à mettre en place:

Étudier la localisation du bâtiment sur le terrain  
Consulter les types entrepreneurs visés par les travaux temporaires  
Spécifier des matériaux ne nécessitant pas de support temporaire lors de la mise en oeuvre  
Spécifier des techniques d'excavation sans ouvrage temporaire

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

Satisfaisant et justifié

## CONCEPT PRÉLIMINAIRE

## Performance

En fonction des cibles de performances identifiées, comment jugez-vous la conception quant à la minimisation des besoins en ouvrages temporaires pour réaliser:

1.6.1	A10 / A20 - Fondations	Passable
1.6.2	B10 - Superstructure	Passable
1.6.3	B20 - Enveloppe extérieure	Passable
1.6.4	B30 - Toiture	Passable
1.6.5	C20 - Escaliers	Medioce

CRITÈRE SUIVANT &gt;&gt;



## &lt;&lt; RETOUR À LA PAGE DE NAVIGATION

## 2. PREVISION DE LA FIN DU CYCLE DE VIE

## Éléments de conception favorisant la flexibilité des espaces

## 2.1

## Définition:

La flexibilité des espaces se définit comme étant la capacité des différentes zones internes d'un bâtiment à s'adapter aux nouveaux besoins des occupants tout en minimisant les travaux de rénovation et de démolition.

## Impact sur la réduction des déchets de CRD:

La flexibilité des espaces intérieurs permet de réduire la quantité de déchets de CRD lors de la phase d'opération du bâtiment. En concevant des espaces pouvant être adaptés selon les besoins des occupants tout en minimisant les travaux requis, les déchets liés à la démolition/rénovation locale du bâtiment seront évités. De plus, les déchets liés à la reconstruction des nouveaux espaces seront évités.

## Bénéfices possibles:

Des espaces flexibles et facilement adaptables permettent de réduire la quantité de matériaux à disposer, à acheter et à mettre en œuvre lors des opérations de réaménagement intérieur des bâtiments. Il résulte donc une diminution des coûts, des délais et des pertes de productivités des occupants liés à ces opérations. Sachant que la fréquence des travaux de décoration et d'aménagement intérieur dans un bâtiment se situe sous la barre des 10 ans, les bénéfices seront fréquents.

## PLANIFICATION

## Cible et critères de succès

## Échelle de Performance

## Définitions

PASSABLE (1 pt)	Des dispositions ont été prises lors de la conception de la catégorie visée afin de réduire légèrement les travaux requis à ce niveau par un réaménagement des espaces.
BIEN (2 pts)	Des dispositions ont été prises lors de la conception de la catégorie visée afin de réduire de manière modérée les travaux requis à ce niveau par un réaménagement des espaces.
TRES BIEN (3 pts)	Des dispositions ont été prises lors de la conception de la catégorie visée afin de réduire de manière significative les travaux requis à ce niveau par un réaménagement des espaces.

Catégorie / Seuil	B10 - Superstructure	C10 - Construction intérieure	C30 - Finition intérieure	D - Services
Passable	Minimum 3 Points (Plus de 70% des catégories doivent être PASSABLE ou ÉQUIVALENT)			
Bien	Minimum 7 Points (Plus de 50% des catégories doivent être BIEN + 0% des catégories inférieures à PASSABLE ou ÉQUIVALENT)			
Très Bien	Minimum 11 Points (Plus de 50% des catégories doivent être TRES BIEN + 0% des catégories inférieures à BIEN)			

L'objectif visé est :

Passable

## MATRICE DE SUCCÈS ENVISAGÉE

Catégorie / Seuil	B10 - Superstructure	C10 - Construction intérieure	C30 - Finition intérieure	D - Services
Passable				
Bien			X	
Très Bien				

Vérification de la conformité

À REVOIR

## ESQUISSES

## Préoccupations

## C1-2.1

## Réflexion sur les besoins futurs

Exemple de stratégies à mettre en place:

Identifier les différents besoins auxquels le bâtiment pourrait devoir répondre  
AUTRES

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

Satisfaisant et justifié

## C2-2.1

## Assurer l'adaptabilité des éléments formant l'aménagement intérieur original

Exemple de stratégies à mettre en place:

Favoriser les grandes portées  
Favoriser un cloisonnement intérieur amovible  
Favoriser un cloisonnement modulaire et adaptable à diverses géométries  
Prévoir des dispositifs permettant de répondre à des besoins ultérieurs en électricité et en câblage

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

En voie d'être satisfaisant

## CONCEPT PRÉLIMINAIRE

## Performance

En fonction des cibles de performances identifiées, comment qualifiez-vous la flexibilité des espaces permise par

2.1.1	B10 - Superstructure	Mediocre
2.1.2	C10 - Construction intérieure	Passable
2.1.3	C20 - Escalier	Bien
2.1.4	C30 - Finition intérieure	Tres Bien
2.1.5	D - Services	Mediocre

CRITÈRE SUIVANT &gt;&gt;



## &lt;&lt; RETOUR À LA PAGE DE NAVIGATION

**2. PREVISION DE LA FIN DU CYCLE DE VIE****2.2 Éléments de conception favorisant la flexibilité de la structure**Définition:

La flexibilité de la structure se définit comme étant la capacité des différents éléments structuraux du bâtiment de répondre ou de donner la possibilité d'être renforcé pour répondre aux changements d'usages du bâtiment tout en minimisant les travaux connexes.

Impact sur la réduction des déchets de CRD:

La flexibilité de la structure permet de réduire la quantité de déchets de CRD en repoussant la fin de la vie utile du bâtiment. En concevant des éléments structuraux pouvant s'adapter aux différents cas de chargement dictés par les changements d'usage et les nouveaux besoins, la durée de vie du bâtiment sera prolongée et les débris provenant de sa démolition seront évités.

Bénéfices possibles:

Puisque la flexibilité de la structure permet de repousser la fin de vie utile du bâtiment, le propriétaire peut l'exploiter sur une plus longue période et ainsi optimiser la rentabilité de l'ouvrage. Dans le cas d'un édifice locatif, il pourra être offert à plusieurs types d'occupants et ainsi augmenter les probabilités d'être loué selon les conjonctures du marché. De plus, dans le cas où la structure a été prévue pour être renforcée, les travaux de rénovation en seront facilités et les honoraires professionnels pourraient être réduits.

**PLANIFICATION****Cible et critères de succès****Échelle de Performance****Définitions**

PASSABLE (1 pt)	Des dispositions ont été prises lors de la conception de la catégorie visée afin de permettre à la structure d'être modifiée pour répondre à des modifications mineures en termes de géométrie et de capacité portante.
BIEN (2 pts)	Des dispositions ont été prises lors de la conception de la catégorie visée afin de permettre à la structure d'être modifiée pour répondre à des modifications modérées en termes de géométrie et de capacité portante.
TRES BIEN (3 pts)	Des dispositions ont été prises lors de la conception de la catégorie visée afin de permettre à la structure d'être modifiée pour répondre à des modifications majeures en termes de géométrie et de capacité portante.

Catégorie / Seuil	A10 / A20 - Fondations	B10 - Superstructure
Passable	Minimum 2 Points (100% des catégories doivent être PASSABLE)	
Bien	Minimum 4 Points (100% des catégories doivent être BIEN)	
Très Bien	6 Points (100% des catégories doivent être TRES BIEN)	

L'objectif visé est :

Passable

**MATRICE DE SUCCÈS ENVISAGÉE**

Catégorie / Seuil	A10 / A20 - Fondations	B10 - Superstructure
Passable	X	
Bien		
Très Bien		

Vérification de la conformité

A REVOIR

**ESQUISSES****Préoccupations****C1-2.2 Réflexion sur les besoins futurs**Exemple de stratégies à mettre en place:

Identification et évaluation des impacts qu'un nouvel usage du bâtiment aurait sur la structure

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

Satisfaisant et justifié

**C2-2.2 Assurer des dispositions constructives permettant le renforcement de la structure pour répondre aux besoins futurs**Exemple de stratégies à mettre en place:

Prévoir les méthodes de renforcement dès la conception et les indiquer sur les plans

Prévoir un accès pour l'inspection des éléments structuraux

Prévoir un accès pour les travaux de renforcements et les équipements requis

Identifier sur les plans les zones où la structure permet des provisions s'il y a lieu

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

Satisfaisant et justifié

**CONCEPT PRÉLIMINAIRE****Performance**

En fonction des cibles de performances identifiées, comment qualifiez-vous la flexibilité de la structure au niveau de

**2.2.1 A10 / A20 - Fondations**

Passable

**2.2.2 B10 - Superstructure**

Passable

**CRITÈRE SUIVANT >>**



## &lt;&lt; RETOUR À LA PAGE DE NAVIGATION

## 2. PREVISION DE LA FIN DU CYCLE DE VIE

## Éléments de conception favorisant la déconstruction du bâtiment

## 2.3

## Définition:

Les éléments de conception favorisant la déconstruction d'un bâtiment facilitent le démantèlement pièce par pièce des différents éléments le composant tout en conservant les propriétés de ces éléments dans le but de les récupérer ou les réutiliser.

## Impact sur la réduction des déchets de CRD:

Une conception favorisant la déconstruction du bâtiment agit sur la réduction des déchets de CRD lorsque des travaux de rénovations ou de démolition sont requis. Puisque les détails de la conception prévoient le démantèlement des éléments du bâtiment, il sera plus facile de procéder à une démolition sélective et effectuer un tri à la source de ces éléments afin de les détourner des sites d'enfouissement. Les risques d'endommager les éléments lors des travaux sont aussi réduits et leur réintégration dans le bâtiment en rénovation ou dans un autre bâtiment sera optimisée.

## Bénéfices possibles:

Une conception favorisant la déconstruction du bâtiment pourrait avoir un effet à la baisse sur les coûts liés aux travaux de rénovation et de démolition. En effet, lors des rénovations, le propriétaire pourrait éviter l'achat de matériaux neufs en effectuant un reconditionnement des éléments qui auront été démantelés. Dans le cas d'une démolition complète, bien que les délais d'une démolition sélective puissent être plus longs que les délais liés à une démolition traditionnelle, des revenus pourraient être tirés de la revente de certains éléments. Enfin, il est admis que les coûts d'enfouissement des déchets de CRD au Québec sont appelés à augmenter dans le futur. Les bâtiments étant construits pour de longues durées de vie, le fait d'être en mesure de facilement trier et détourner les déchets des sites d'enfouissements lors d'une future démolition pourrait être un incitatif économique important.

## PLANIFICATION

## Cible et critères de succès

## Échelle de Performance

## Définitions

PASSABLE (1 pt) Une faible proportion des éléments de la catégorie visée offre la possibilité d'être déconstruits.

BIEN (2 pts) Une proportion modérée des éléments de la catégorie visée offre la possibilité d'être déconstruits.

TRES BIEN (3 pts) Une proportion significative des éléments de la catégorie visée offre la possibilité d'être déconstruits.

Catégorie / Seuil	B10 - Superstructure	B20 - Enveloppe extérieure	B30 - Toiture	C10 - Constructions intérieures	C20 - Escaliers	C30 - Finition intérieure	D - Services
Passable	Minimum 5 Points (Plus de 70% des catégories doivent être PASSABLE ou ÉQUIVALENT)						
Bien	Minimum 11 Points (Plus de 50% des catégories doivent être BIEN + 0% des catégories inférieures à PASSABLE ou ÉQUIVALENT)						
Très Bien	Minimum 18 Points (Plus de 50% des catégories doivent être TRES BIEN + 0% des catégories inférieures à BIEN)						

L'objectif visé est :

Bien

## MATRICE DE SUCCÈS ENVISAGÉE

Catégorie / Seuil	B10 - Superstructure	B20 - Enveloppe extérieure	B30 - Toiture	C10 - Constructions intérieures	C20 - Escaliers	C30 - Finition intérieure	D - Services
Passable					X		X
Bien	X	X	X			X	
Très Bien				X			

Vérification de la conformité

OK

## ESQUISSES

## Préoccupations

## C1-2.3

Assurer des dispositions constructives permettant la déconstruction des divers assemblages

## Exemple de stratégies à mettre en place:

Favoriser les assemblages boulonnés et mécaniques aux adhésifs ou aux soudures

Produire un plan de déconstruction indiquant les étapes à suivre pour la déconstruction des assemblages

Maximiser le nombre d'assemblage pouvant être retiré du bâtiment

Maximiser le nombre d'éléments pouvant être séparés l'un de l'autre

Minimiser le nombre d'étapes et les délais requis pour la déconstruction des assemblages

Prévoir un accès aux éléments à déconstruire

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

Satisfaisant et justifié

## C2-2.3

Assurer la disponibilité des informations permettant la déconstruction

## Exemple de stratégies à mettre en place:

Produire un plan de déconstruction indiquant les étapes à suivre pour la déconstruction des assemblages

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

Satisfaisant et justifié

## CONCEPT PRÉLIMINAIRE

## Performance

En fonction des cibles de performances identifiées, comment qualifiez-vous le potentiel de déconstruction de

3.2.1 B10 - Superstructure

Bien

3.2.2 B20 - Enveloppe extérieure

Bien

3.2.3 B30 - Toiture

Très Bien

3.2.4 C10 - Constructions intérieures

Très Bien

3.2.5 C20 - Escaliers

Très Bien

3.2.6 C30 - Finition intérieure

Très Bien

3.2.7 D - Services

Très Bien

## CRITÈRE SUIVANT &gt;&gt;



## &lt;&lt; RETOUR À LA PAGE DE NAVIGATION

**2. PREVISION DE LA FIN DU CYCLE DE VIE****2.4 Inventaire des éléments constituant le bâtiment**Définition:

L'inventaire des éléments constituant le bâtiment est un recueil d'information permettant de connaître la composition des éléments, leur performance, la description des étapes de constructions et les hypothèses de calcul ayant été utilisées lors de la conception.

Impact sur la réduction des déchets de CRD:

L'inventaire des éléments constituant le bâtiment agit sur la réduction des déchets de CRD lorsque des travaux de rénovations ou de démolition sont requis. Puisque le propriétaire du bâtiment a en sa possession la caractérisation des éléments présents dans le bâtiment, il sera plus facile de privilégier les matériaux à détourner des sites d'enfouissement et de trouver les solutions applicables à leur intégration dans l'échelle des 3R-V.

Bénéfices possibles:

Le fait de posséder un tel inventaire permettra au propriétaire d'optimiser la valeur de revente ainsi que les opérations de reconditionnement et de remise au niveau des normes des éléments du bâtiment en rénovation ou à démolir. De plus, les coûts liés aux tests de conformités avant de réutiliser certains type de matériaux pourront être réduit puisque toutes leurs caractéristiques seront connues.

**PLANIFICATION****Cible et critères de succès****Échelle de Performance****Définitions**

PASSABLE (1 pt) Une faible proportion des éléments de la catégorie visée font partie de l'inventaire

BIEN (2 pts) Une proportion modérée des éléments de la catégorie visée font partie de l'inventaire

TRES BIEN (3 pts) Une proportion significative des éléments de la catégorie visée font partie de l'inventaire

Catégorie / Seuil	B10 - Superstructure	B20 - Enveloppe extérieure	B30 - Toiture	C10 - Constructions intérieures	C20 - Escaliers	C30 - Finition intérieure	D - Services
Passable	Minimum 5 Points (Plus de 70% des catégories doivent être PASSABLE ou ÉQUIVALENT)						
Bien	Minimum 11 Points (Plus de 50% des catégories doivent être BIEN + 0% des catégories inférieures à PASSABLE ou ÉQUIVALENT)						
Très Bien	Minimum 18 Points (Plus de 50% des catégories doivent être TRES BIEN + 0% des catégories inférieures à BIEN)						

L'objectif visé est :

Bien

**MATRICE DE SUCCÈS ENVISAGÉE**

Catégorie / Seuil	B10 - Superstructure	B20 - Enveloppe extérieure	B30 - Toiture	C10 - Constructions intérieures	C20 - Escaliers	C30 - Finition intérieure	D - Services
Passable							
Bien							
Très Bien							

Vérification de la conformité

A REVOIR

**ESQUISSES****Préoccupations**

C1-2.4

**Assurer la disponibilité des informations permettant le traitement, à l'échelle des 3R-V, des éléments du bâtiment à la fin de leur vie utile**

Exemple de stratégies à mettre en place:

Fournir des plans Tel que construit précis

Constituer un recueil des fiches techniques des matériaux et de assemblages visés

Constituer un recueil des données de calcul utilisés pour la conception des matériaux et

Constituer un recueil des résultats des tests de contrôle de qualité durant la construction

**En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?**

Peu satisfaisant

**CONCEPT PRÉLIMINAIRE****Performance**

En fonction des cibles de performances identifiées, comment qualifiez-vous la portion de l'inventaire pour

2.4.1	B10 - Superstructure	Passable
2.4.2	B20 - Enveloppe extérieure	Mediocre
2.4.3	B30 - Toiture	Passable
2.4.4	C10 - Constructions intérieures	Passable
2.4.5	C20 - Escaliers	Mediocre
2.4.6	C30 - Finition intérieure	Mediocre
2.4.7	D - Services	Tres Bien

CRITÈRE SUIVANT >>



## &lt;&lt; RETOUR À LA PAGE DE NAVIGATION

## 2. PREVISION DE LA FIN DU CYCLE DE VIE

## Éléments de conception favorisant la recyclabilité du bâtiment

## 2.5

## Définition:

Les éléments de conception favorisant la recyclabilité du bâtiment facilitent les opérations de recyclage des différents éléments constituant ce bâtiment d'abord par leur composition, ensuite par leur mode d'assemblage.

## Impact sur la réduction des déchets de CRD:

La recyclabilité du bâtiment agit sur la réduction des déchets de CRD lors de la construction, lors des travaux de rénovations et à la démolition de l'ouvrage. Au moment de la construction, les résidus de coupe et les éléments endommagés peuvent être facilement envoyer vers la filière de recyclage appropriée. Au moment des travaux de rénovation et de démolition, les matériaux retirés du bâtiments pourront aussi être détourner des sites d'enfouissement. Enfin, le fait que les éléments du bâtiments soient recyclables permet de minimiser les risques de contamination par des produits empêchant un recyclage efficace.

## Bénéfices possibles:

Un bâtiment constitué d'élément recyclable permet de diminuer les coûts liés à l'enfouissement des déchets de CRD à toute les phases du cycle de vie du bâtiment impliquant des travaux de construction et/ou démolition.

## PLANIFICATION

## Cible et critères de succès

## Échelle de Performance

PASSABLE (1 pt) Une faible proportion des éléments de la catégorie visée sont recyclables.

BIEN (2 pts) Une proportion modérée des éléments de la catégorie visée sont recyclables.

TRES BIEN (3 pts) Une proportion significative des éléments de la catégorie visée sont recyclables.

## Définitions

Catégorie / Seuil	B10 - Superstructure	B20 - Enveloppe extérieure	B30 - Toiture	C10 - Constructions intérieures	C20 - Escaliers	C30 - Finition intérieure	D - Services
Passable	Minimum 5 Points (Plus de 70% des catégories doivent être PASSABLE ou ÉQUIVALENT)						
Bien	Minimum 11 Points (Plus de 50% des catégories doivent être BIEN + 0% des catégories inférieures à PASSABLE ou ÉQUIVALENT)						
Très Bien	Minimum 18 Points (Plus de 50% des catégories doivent être TRES BIEN + 0% des catégories inférieures à BIEN)						

L'objectif visé est :

Tres bien

## MATRICE DE SUCCÈS ENVISAGÉE

Catégorie / Seuil	B10 - Superstructure	B20 - Enveloppe extérieure	B30 - Toiture	C10 - Constructions intérieures	C20 - Escaliers	C30 - Finition intérieure	D - Services
Passable							
Bien							
Très Bien							

Vérification de la conformité

A REVOIR

## ESQUISSES

## Préoccupations

## C1-2.5

Prendre en compte le potentiel de 3R-V des assemblages et des matériaux spécifiés à la fin de leur vie

## Exemple de stratégies à mettre en place:

Spécifier des matériaux ou des assemblages ayant une seconde vie au haut de l'échelle 3R-V

Spécifier des matériaux pour lesquels il y a un marché pour le recyclage

Favoriser des assemblages pouvant être remis à neuf

Favoriser des matériaux recyclables

Éviter la spécification de matériaux composites difficilement recyclable

Spécifier des scellants solides ne contaminant pas les matériaux

Éviter la spécification de matériaux contenant des matières dangereuses

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

Peu satisfaisant

## CONCEPT PRÉLIMINAIRE

## Performance

En fonction des cibles de performances identifiées, comment qualifiez-vous la recyclabilité de

2.5.1 B10 - Superstructure

Passable

2.5.2 B20 - Enveloppe extérieure

Mediocre

2.5.3 B30 - Toiture

Tres Bien

2.5.4 C10 - Constructions intérieures

Passable

2.5.5 C20 - Escaliers

Mediocre

2.5.6 C30 - Finition intérieure

Passable

2.5.7 D - Services

Passable

## CRITÈRE SUIVANT &gt;&gt;



## &lt;&lt; RETOUR À LA PAGE DE NAVIGATION

**3. FACILITATION DE LA GESTION EN CHANTIER****3.1 Estimation des déchets produits en chantier**Définition:

L'estimation des déchets produits en chantier est une estimation, à titre indicative, des quantités de déchets qui seront générés par les différentes activités en chantier.

Impact sur la réduction des déchets de CRD:

L'estimation des quantités de déchets qui seront produit en chantier permet de transmettre des informations utiles à l'entrepreneur afin qu'il prévoit et optimise la gestion à faire en chantier. La quantité de déchets envoyé vers les sites d'enfouissement au moment de la construction risque donc d'être réduite.

Bénéfices possibles:

Lorsque des quantités, à titre indicatif, de déchets de CRD sont identifiés dès la conception, les entrepreneurs soumissionnaires auront une plus grande facilité à planifier la gestion des déchets à effectuer en chantier, et ce, tant au niveau des coûts que de la logistique à mettre en place en ce qui a trait à la location des conteneurs et les délais de rotation par exemple. Le propriétaire de l'ouvrage devrait donc recevoir des soumissions indiquant un prix plus juste pour cet item.

**PLANIFICATION****Cible et critères de succès****Échelle de Performance****Définitions**

PASSABLE (1 pt)	Les quantités d'une faible proportion des types de résidus à être produit en chantier ont été estimés pour la catégorie visée.
BIEN (2 pts)	Les quantités d'une proportion modérée des types de résidus à être produit en chantier ont été estimés pour la catégorie visée.
TRES BIEN (3 pts)	Les quantités de la quasi-totalité des types de résidus à être produit en chantier ont été estimés pour la catégorie visée.

Catégorie / Seuil	A - Structure	B - Coque	C - Intérieurs	D - Services
Passable	Minimum 3 Points (Plus de 70% des catégories doivent être PASSABLE ou ÉQUIVALENT)			
Bien	Minimum 7 Points (Plus de 50% des catégories doivent être BIEN + 0% des catégories inférieures à PASSABLE ou ÉQUIVALENT)			
Très Bien	Minimum 11 Points (Plus de 50% des catégories doivent être TRES BIEN + 0% des catégories inférieures à BIEN)			

L'objectif visé est :

Tres bien

**MATRICE DE SUCCÈS ENVISAGÉE**

Catégorie / Seuil	A - Structure	B - Coque	C - Intérieurs	D - Services
Passable				
Bien				
Très Bien				

Vérification de la conformité

A REVOIR

**ESQUISSES****Préoccupations****C1-3.1 Réflexion sur l'identification qualitatives des déchets à être produit**Exemple de stratégies à mettre en place:

Identifier les déchets produits par chaque activité en se référant au modèle d'estimation

Utiliser les bordereaux d'estimation pour identifier les types de matériaux constituant les déchets de CRD

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

En voie d'être satisfaisant

**C2-3.1 Recherche des taux de production de déchet de CRD**Exemple de stratégies à mettre en place:

Contacteur des entrepreneurs spécialisés pour obtenir des facteurs de perte

Consulter les dossiers de projets similaires

Consulter des guides et/ou logiciel d'estimation

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

En voie d'être satisfaisant

**C3-3.1 Assurer la transmission des informations aux entrepreneurs**Exemple de stratégies à mettre en place:

Spécifier que ces informations sont données à titre indicatif seulement

Inclure le résumé des estimations aux documents de soumission

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

Peu satisfaisant

**CONCEPT PRÉLIMINAIRE****Performance**

En fonction des cibles de performances identifiées, comment qualifiez-vous l'estimation des déchets de CRD qui a été produit au cours du processus de conception pour

3.1.1	A - Structure
3.1.2	B - Coque
3.1.3	C - Intérieurs
3.1.4	D - Services

Medioocre  
Medioocre  
Passable  
Bien

**CRITÈRE SUIVANT >>**



## &lt;&lt; RETOUR À LA PAGE DE NAVIGATION

**3. FACILITATION DE LA GESTION EN CHANTIER****3.2 Identification du potentiel de 3R-V et destination**Définition:

Le potentiel 3R-V d'un déchet de construction indique quel type de traitement il est possible de lui appliquer: Réutiliser pour le même usage, Récupérer avec un usage différent, Recycler ou Valoriser. Quant à la destination, elle représente les sites d'accueils possible en fonction du potentiel recherché.

Impact sur la réduction des déchets de CRD:

L'identification du potentiel 3R-V des déchets qui seront produit en chantier et l'identification des sites d'accueils possible dès la conception, permet de transmettre des informations utiles à l'entrepreneur afin qu'il prévoit et optimise la gestion à faire en chantier. La quantité de déchets envoyé vers les sites d'enfouissement au moment de la construction risque donc d'être réduite.

Bénéfices possibles:

Lorsque l'identification du potentiel 3R-V et que les sites d'accueils associés sont identifiés dès la conception, les entrepreneurs soumissionnaires auront une plus grande facilité à planifier la gestion des déchets à effectuer en chantier au niveau de la logistique à mettre en place pour l'évacuation des conteneurs par exemple.

**PLANIFICATION****Cible et critères de succès****Échelle de Performance****Définitions**

PASSABLE (1 pt)	Les informations issues de la conception identifient le potentiel de 3R-V et la destination possible d'une faible proportion des types de résidus de la catégorie visée.
BIEN (2 pts)	Les informations issues de la conception identifient le potentiel de 3R-V et la destination possible d'une proportion modérée des types de résidus de la catégorie visée.
TRES BIEN (3 pts)	Les informations issues de la conception identifient le potentiel de 3R-V et la destination possible de la quasi-totalité des types de résidus de la catégorie visée.

Catégorie / Seuil	A - Structure	B - Coque	C - Intérieurs	D - Services
Passable	Minimum 3 Points (Plus de 70% des catégories doivent être PASSABLE ou ÉQUIVALENT)			
Bien	Minimum 7 Points (Plus de 50% des catégories doivent être BIEN + 0% des catégories inférieures à PASSABLE ou ÉQUIVALENT)			
Très Bien	Minimum 11 Points (Plus de 50% des catégories doivent être TRES BIEN + 0% des catégories inférieures à BIEN)			

L'objectif visé est :

Tres bien

**MATRICE DE SUCCÈS ENVISAGÉE**

Catégorie / Seuil	A - Structure	B - Coque	C - Intérieurs	D - Services
Passable				
Bien				
Très Bien				

Vérification de la conformité

A REVOIR

**ESQUISSES****Préoccupations****C1-3.2 Réflexion sur le traitement optimal à appliquer aux différents type de déchets**Exemple de stratégies à mettre en place:

Consulter les fabricants des matériaux visés  
Obtenir les fiches techniques des matériaux  
Débuter la réflexion par les échelons supérieurs de l'échelle des 3R-V  
Vérifier les possibilités offertes au sein même du chantier  
Vérifier les possibilités offertes par les autres projets du propriétaire

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

Peu satisfaisant

**C2-3.2 Recherche des différents lieux d'évacuations possible**Exemple de stratégies à mettre en place:

Consulter le répertoire québécois des récupérateurs, recycleurs et valorisateurs disponible chez RECYC-QUÉBEC ou sur le site web suivant : <http://www.recyq-quebec.gouv.qc.ca/client/fr/repertoires/rep-recupereurs.asp>  
Consulter le regroupement des récupérateurs et des recycleurs de matériaux de construction et de démolition du Québec (3R MCDQ) au site web suivant : <http://www.3rmcdq.qc.ca/>  
Consulter les entrepreneurs en démolition locaux  
Favoriser les sites d'évacuation les plus près du chantier

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

En voie d'être satisfaisant

**C3-3.2 Assurer la transmission des informations aux entrepreneurs**Exemple de stratégies à mettre en place:

Inclure des clauses contractuelles définissant le type de traitement à effectuer sur les différents type de déchets de CRD  
À titre indicatif, fournir une liste de sites d'évacuations possibles dans les documents de soumission

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

Insatisfaisant

**CONCEPT PRÉLIMINAIRE****Performance**

En fonction des cibles de performances identifiées, comment jugez-vous la conception quant à son aptitude à identifier les traitements possibles aux déchets de CRD et les sites d'accueils

3.2.1	A - Structure	Bien
3.2.2	B - Coque	Tres Bien
3.2.3	C - Intérieurs	Tres Bien
3.2.4	D - Services	Tres Bien

**CRITÈRE SUIVANT >>**



## &lt;&lt; RETOUR À LA PAGE DE NAVIGATION

**3. FACILITATION DE LA GESTION EN CHANTIER****3.3 Tri sélectif des déchets de CRD**Définition:

Le tri sélectif des déchets de CRD consiste à séparer les différents type de déchets dès leur génération en chantier.

Impact sur la réduction des déchets de CRD:

Le tri sélectif permet de détourner des déchets des sites d'enfouissement à l'étape de la construction. En évitant la contamination des différents matériaux par la séparation à la source, il est plus facile d'obtenir des résidus homogènes pouvant être dirigés vers les filières pouvant les mettre en valeur.

Bénéfices possibles:

Le tri sélectif permet de diminuer les coûts liés à l'enfouissement des déchets de chantier puisque la quantité y étant acheminé est réduite. Pour certains matériaux, il est aussi possible d'obtenir un revenu provenant de la revente à des recycleurs.

**PLANIFICATION****Cible et critères de succès****Échelle de****Performance****Définitions**

PASSABLE (1 pt) La conception permet qu'une faible proportion des différents types de résidus puissent être triés lors des travaux visés.

BIEN (2 pts) La conception permet qu'une proportion modérée des différents types de résidus puissent être triés lors des travaux visés.

TRES BIEN (3 pts) La conception permet que la quasi-totalité des différents types de résidus puissent être triés lors des travaux visés.

Catégorie / Seuil	A - Structure	B - Coque	C - Intérieurs	D - Services
Passable	Minimum 3 Points (Plus de 70% des catégories doivent être PASSABLE ou ÉQUIVALENT)			
Bien	Minimum 7 Points (Plus de 50% des catégories doivent être BIEN + 0% des catégories inférieures à PASSABLE ou ÉQUIVALENT)			
Très Bien	Minimum 11 Points (Plus de 50% des catégories doivent être TRES BIEN + 0% des catégories inférieures à BIEN)			

L'objectif visé est :

**Tres bien**

**MATRICE DE SUCCÈS ENVISAGÉE**

Catégorie / Seuil	A - Structure	B - Coque	C - Intérieurs	D - Services
Passable				
Bien				
Très Bien				

Vérification de la conformité

**A REVOIR**

**ESQUISSES****Préoccupations****C1-3.3 Prise en compte de l'équipement requis pour pratiquer le tri sélectif**Exemple de stratégies à mettre en place:

Estimer le nombre et les dimensions des conteneurs requis tout au long du chantier

Prévoir l'affichage des conteneurs

Prévoir les dispositifs pour éviter la contamination des conteneurs

Estimer les délais de rotation des conteneurs

Analyser la production de déchets en fonction des activités de chantier défini par UNIFORMAT

**En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?**

**En voie d'être satisfaisant**

**C2-3.3 Réflexion sur l'aménagement du chantier**Exemple de stratégies à mettre en place:

Définir l'espace requis pour les conteneurs.

Prévoir un emplacement pour la zone réservée aux conteneurs de manière à limiter la manipulation des déchets et les déplacements de la main d'œuvre tout au long du chantier.

Prévoir les voies d'accès facilitant l'évacuation des conteneurs par les filières responsable tout au long du chantier.

**En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?**

**Peu satisfaisant**

**CONCEPT PRÉLIMINAIRE****Performance**

En fonction des cibles de performances identifiées, comment jugez-vous la conception quant à son aptitude à faciliter le tri sélectif des déchets de CRD lors des travaux de

- 3.1.1 A - Structure**
- 3.1.2 B - Coque**
- 3.1.3 C - Intérieurs**
- 3.1.4 D - Services**

**Passable**  
**Tres Bien**  
**Bien**  
**Bien**

**CRITÈRE SUIVANT >>**



## &lt;&lt; RETOUR À LA PAGE DE NAVIGATION

**4. EXIGENCES CONTRACTUELLES****4.1 Présence de clauses de performance avec contrainte/incitatif financier**Définition:

Les clauses de performances avec contrainte et incitatif financier s'appliquent au contrat entre le propriétaire et l'entrepreneur général et sont liées à la performance de la gestion des déchets de CRD effectué au cours des travaux.

Impact sur la réduction des déchets de CRD:

Les clauses de performances incitent l'entrepreneur général à atteindre un certain niveau de performance quant au détournement des déchets de CRD en chantier. Ces clauses agissent donc sur la réduction des déchets de CRD à l'étape de la construction.

Bénéfices possibles:

Les clauses établissent clairement les attentes du propriétaire dès la période de soumission, éliminant ainsi la possibilité de se voir facturer des frais supplémentaires par l'entrepreneur pour le type de gestion exigée. En intégrant la performance souhaitée au contrat et en y associant des contraintes et des incitatifs financiers, le propriétaire s'assure du respect de ses exigences tout en offrant un bonus en fonction de la performance.

**PLANIFICATION****Cible et critères de succès**

Échelle de  
Performance

Le tableau ci-dessous indique les performances possibles. La méthode de calcul de LEED NC est considérée.

Catégorie / Seuil	Pourcentage de détournement exigé contractuellement
Passable	Exiger un taux de détournement minimum de 50% des déchets de CRD produits en chantier
Bien	Exiger un taux de détournement se situant entre 50 et 75% des déchets de CRD produits en chantier
Très Bien	Exiger un taux de détournement supérieur à 75% des déchets de CRD produits en chantier

L'objectif visé est :

**Tres bien**

**ESQUISSES****Préoccupations**

**C1-4.1**

**Étudier les divers types de clauses pouvant être intégrées au contrat et vérifiées en cours de projet**

Exemple de stratégies à mettre en place:

Clauses indiquant les types de déchets de CRD à trier

Clauses de performance relative au pourcentage de détournement atteint

Présence de pénalité pour non respect de la performance

Présence d'un bonus pour atteinte ou dépassement de la performance exigée

**En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?**

**En voie d'être satisfaisant**

**CONCEPT PRÉLIMINAIRE****Performance**

En fonction des cibles de performances identifiées, la ou les clauses contractuelles de performance permettent d'atteindre un niveau

**4.1.1**

**Pourcentage de détournement exigé**

**Bien**

**CRITÈRE SUIVANT >>**



## &lt;&lt; RETOUR À LA PAGE DE NAVIGATION

## 4. EXIGENCES CONTRACTUELLES

## 4.2 Exigence d'un plan de gestion des déchets de CRD en chantier

Définition:

Un plan de gestion des déchets de CRD est un document à soumettre par l'entrepreneur avant le début du chantier. Ce document, qui devient contractuel, indique les méthodes que compte employer l'entrepreneur pour gérer les déchets afin d'atteindre la performance désirée et il doit être approuvé par le propriétaire ou son représentant.

Impact sur la réduction des déchets de CRD:

Le fait d'exiger un plan de gestion des déchets de CRD n'a pas un impact direct sur la réduction des déchets, mais la réflexion imposée à l'entrepreneur général l'obligera à définir les actions qu'il doit prendre et à identifier les fournisseurs requis pour atteindre les exigences du propriétaire.

Bénéfices possibles:

Le fait d'exiger et d'approuver un plan de gestion permet au propriétaire de s'assurer que l'entrepreneur prends les moyens appropriés pour atteindre les exigences contractuelles et ce, dès le début du projet.

## PLANIFICATION

## Cible et critères de succès

## Échelle de Performance

## Définitions

PASSABLE (1 pt) Le plan de gestion exige minimalement un niveau de suivi vérifiant l'atteinte des objectifs pour la catégorie visée.

BIEN (2 pts) Le plan de gestion exige un niveau de suivi vérifiant l'atteinte des objectifs en plus d'exiger la méthodologie utilisée par l'entrepreneur pour la catégorie visée

TRES BIEN (3 pts) Le plan de gestion exige un niveau de suivi vérifiant l'atteinte des objectifs, exige la méthodologie utilisée par l'entrepreneur pour la catégorie visée et prévoit un programme de sensibilisation pour la catégorie visée.

Catégorie / Seuil	A - Structure	B - Coque	C - Intérieurs	D - Services
Passable	Minimum 3 Points (Plus de 70% des catégories doivent être PASSABLE ou ÉQUIVALENT)			
Bien	Minimum 7 Points (Plus de 50% des catégories doivent être BIEN + 0% des catégories inférieures à PASSABLE ou ÉQUIVALENT)			
Très Bien	Minimum 11 Points (Plus de 50% des catégories doivent être TRES BIEN + 0% des catégories inférieures à BIEN)			

L'objectif visé est :

Bien

## MATRICE DE SUCCÈS ENVISAGÉE

Catégorie / Seuil	A - Structure	B - Coque	C - Intérieurs	D - Services
Passable		X	X	
Bien				X
Très Bien				

Vérification de la conformité

A REVOIR

## ESQUISSES

## Préoccupations

C1-4.2

**Assurer que les éléments du plan de gestion couvrent les dispositions à prendre quant aux ressources humaines et au contrôle à faire en chantier**

Exemple d'éléments à exiger dans le plan de gestion:

Exiger un programme de sensibilisation de la main d'oeuvre  
Exiger la nomination d'un responsable des déchets de CRD chez l'entrepreneur  
Exiger ou proposer une méthode de suivi pour mesurer les différents flux de déchets enfouis et détournés  
Exiger la tenue de réunion statutaire

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

En voie d'être satisfaisant

C2-4.2

**Assurer que le plan de gestion couvre les dispositions à prendre quant à la logistique de chantier**

Exemple d'éléments à exiger dans le plan de gestion:

Exiger un plan prévoyant la reprise, le recyclage et/ou la réduction des emballages  
Exiger une confirmation des quantités de déchets prévus  
Exiger la liste des fournisseurs de l'entrepreneur (sites d'évacuation, transporteurs, locateur de conteneur, etc...)  
Exiger la description des procédures de manutention et mode de tri (type de conteneur, rotation, emplacement, etc...)  
Exiger la description des moyens employés pour réduire les résidus de coupe et les balances de matériaux non utilisés ainsi que pour favoriser leur réutilisation

En fonction de la cible visée, quel niveau de satisfaction offrent les stratégies mises en place à cette préoccupation ?

Satisfaisant et justifié

## CONCEPT PRÉLIMINAIRE

## Performance

En fonction des cibles de performances identifiées, le plan de gestion exigé est de qualité

- 4.2.1 A - Structure  
4.2.2 B - Coque  
4.2.3 C - Intérieurs  
4.2.4 D - Services

Passable  
Passable  
Passable  
Passable

FIN DES CRITÈRES - RETOUR À LA PAGE DE NAVIGATION <<



## RÉSULTATS DE PLANIFICATION - LISTE DE CLASSIFICATION DES CIBLES

<< RETOUR À LA PAGE DE NAVIGATION

### Objectifs Très Bien

#### Critères

1.3 Intégration de matériaux récupérés et/ou réutilisés au bâtiment projeté

1.6 Minimisation des ouvrages temporaires

2.5 Éléments de conception favorisant la recyclabilité du bâtiment

3.1 Estimation des déchets produits en chantier

3.2 Identification du potentiel de 3R-V et destination

3.3 Tri sélectif des déchets de CRD

4.1 Présence de clauses de performance avec contrainte/incitatif financier

### Objectifs Bien

#### Critères

1.2 Emploi d'éléments préfabriqués

1.5 Intégration de contenu recyclé dans les matériaux spécifiés

2.3 Éléments de conception favorisant la déconstruction du bâtiment

4.2 Exigence d'un plan de gestion des déchets de CRD en chantier

### Objectifs Passable

#### Critères

1.1 Minimisation des matériaux de finition

1.4 Standardisation des matériaux

2.1 Éléments de conception favorisant la flexibilité des espaces

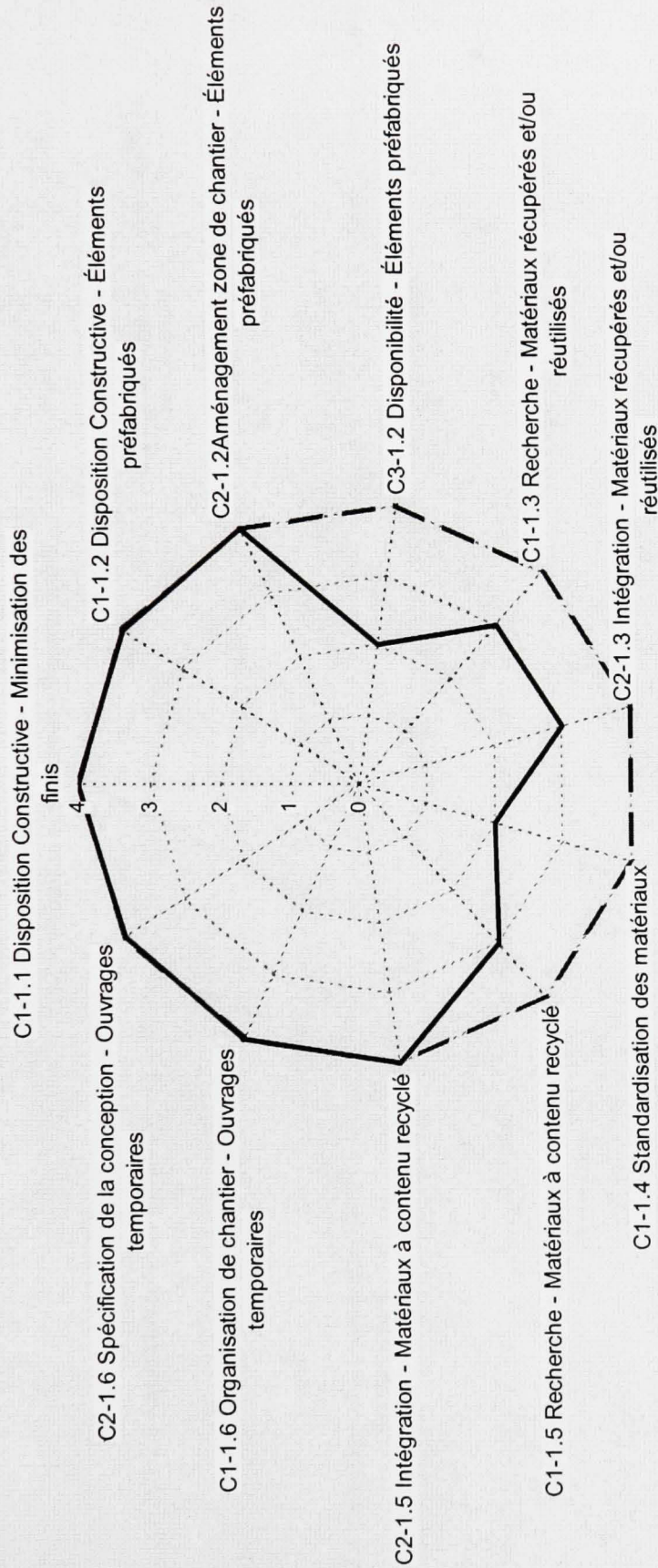
2.2 Éléments de conception favorisant la flexibilité de la structure

### Objectifs Non considérés

#### Critères

RETOUR À LA PAGE DE  
NAVIGATION

## VÉRIFICATION DES PRÉOCCUPATIONS - ESQUISSES MINIMISATION DES MATÉRIAUX



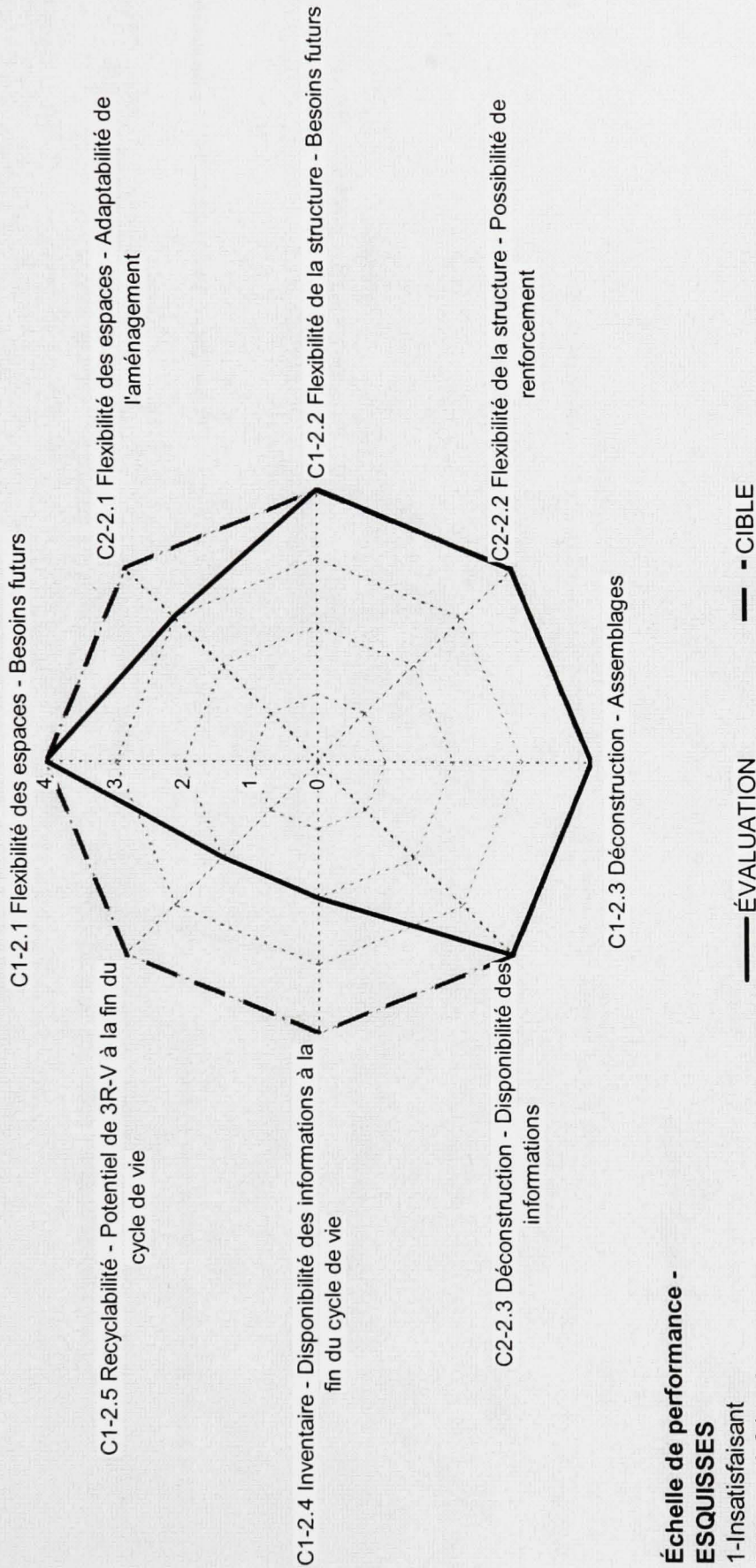
### Échelle de performance - ESQUISSES

- 1-Insatisfaisant
- 2-Peu satisfaisant
- 3-En voie d'être satisfaisant
- 4-Satisfaisant



RETOUR À LA PAGE DE  
NAVIGATION

## VÉRIFICATION DES PRÉOCCUPATIONS - ESQUISSES PRÉVISION DE LA FIN DU CYCLE DE VIE

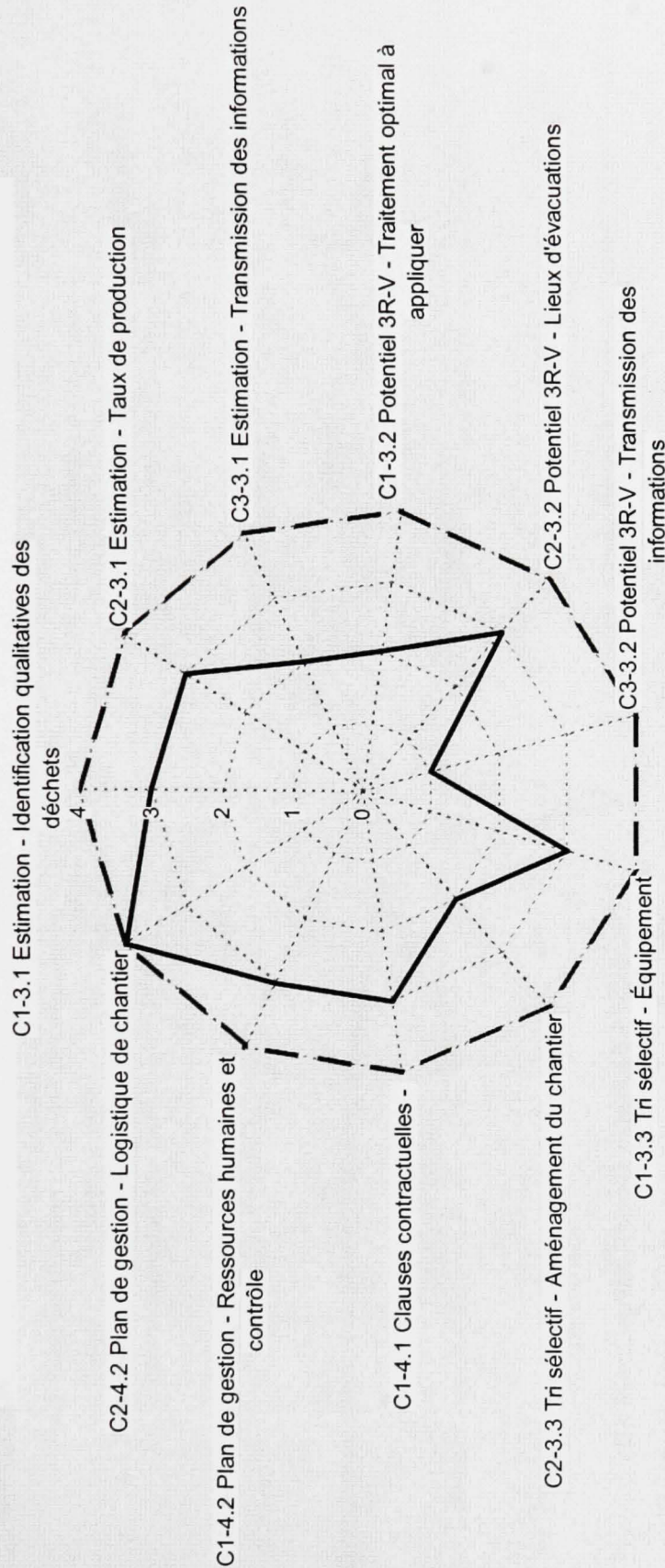


Échelle de performance -  
**ESQUISSES**  
1-Insatisfaisant  
2-Peu satisfaisant  
3-En voie d'être satisfaisant



RETOUR À LA PAGE DE  
NAVIGATION

## VÉRIFICATION DES PRÉOCCUPATIONS - ESQUISSES FACILITATION DE LA GESTION EN CHANTIER ET CLAUSES CONTRACTUELLES

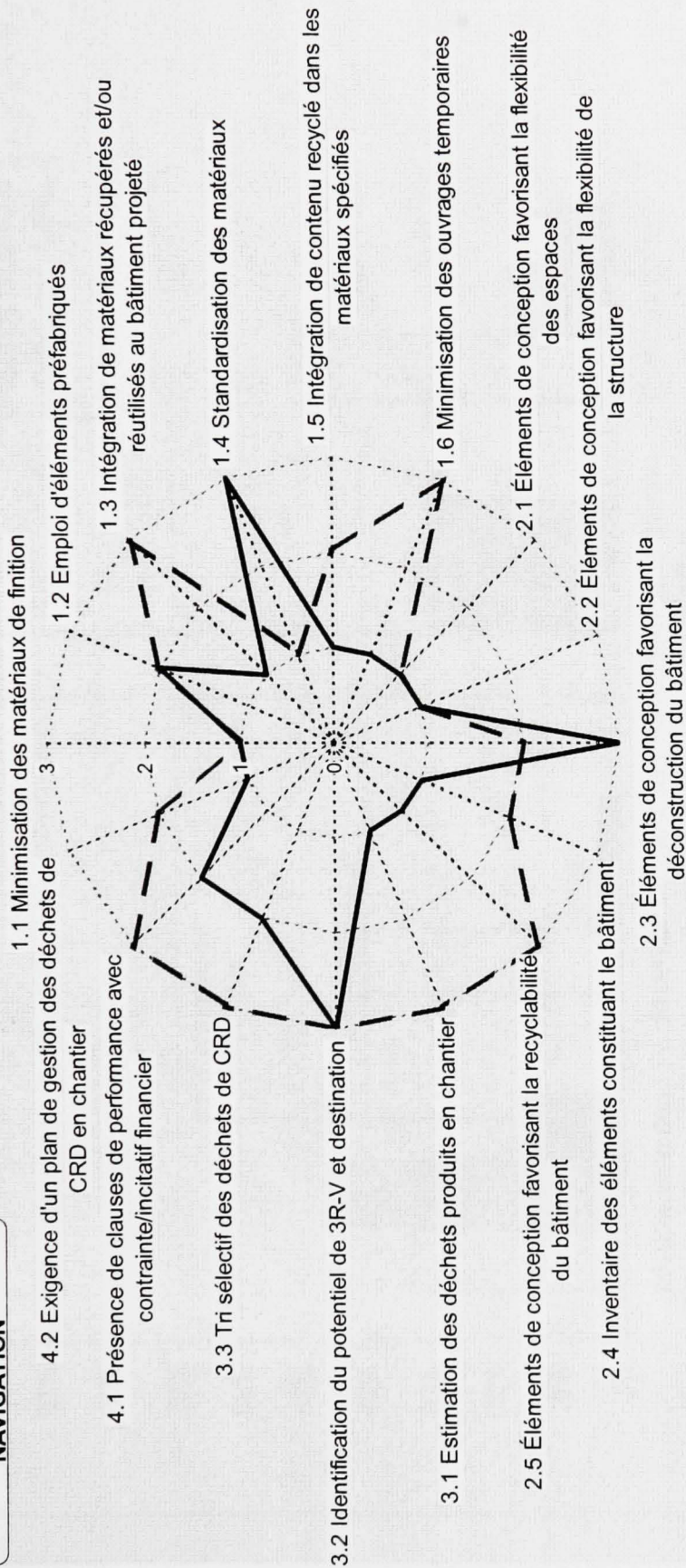


### Échelle de performance - ESQUISSES

- 1-Insatisfaisant
- 2-Peu satisfaisant
- 3-En voie d'être satisfaisant
- 4-Satisfaisant

# VÉRIFICATION DE L'ATTEINTE DES CIBLES - CONCEPT PRÉLIMINAIRE TOUS LES CRITÈRES

RETOUR À LA PAGE DE  
NAVIGATION



Échelle de performance - Concept préliminaire

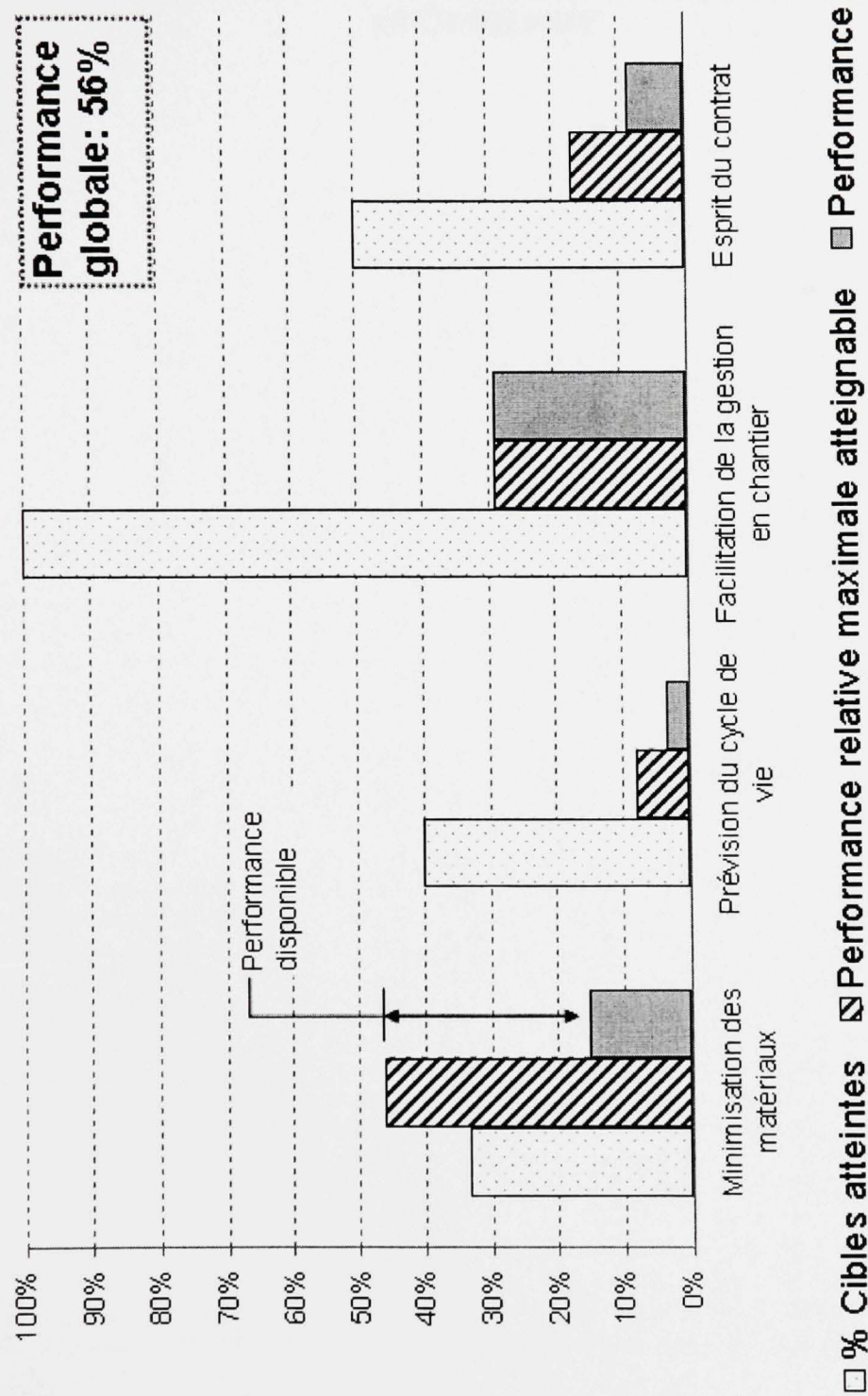
- 0-Médiocre
- 1-Passable
- 2-Bien
- 3-Très Bien

— CIBLE

— EVALUATION



# Performance réelle de la conception





## **ANNEXE XII**

### **ARTICLE – 12<sup>th</sup> CANADIAN CONFERENCE ON BUILDING SCIENCE AND TECHNOLOGY**

---

## ABSTRACT / RÉSUMÉ

The construction industry generates a large amount of waste. The building sector accounts for half of this waste stream, and studies show that design decisions are responsible for a substantial portion of this. The aim of this research is to develop a guidance tool based on design assessment that will facilitate waste minimisation over a building's life cycle. Grounded in a literature review and a focus group session, the research identified design criteria aimed at waste minimisation as well as the preferred approach to assessing designs regarding this issue. A prototype based on 16 design criteria to be assessed in workshops following a methodology integrated into the design process was developed. The prototype assesses the level to which strategies implemented at the schematic design stage as well as the design's achieved performance at concept development satisfy the waste minimisation targets defined at the programming stage. A validation interview made it possible to conclude that the use of the proposed tool would lead toward the improvement of waste minimisation practices as it would guide designers and facilitate communication.

L'industrie de la construction génère des quantités importantes de déchets. Le secteur du bâtiment est responsable de la moitié de ce flux et des études montrent qu'une portion substantielle est générée par des décisions prises en amont des travaux. La recherche vise à développer un outil d'évaluation du design guidant les concepteurs en matière de minimisation des déchets sur le cycle de vie des bâtiments. Fondée sur une revue documentaire et un groupe de discussion, la recherche a identifié des critères de conception visant la minimisation des déchets ainsi que l'approche à retenir pour leur évaluation. Un prototype basé sur 16 critères à évaluer en atelier de travail suivant une méthodologie intégrée au processus de conception a été développé. Lors des esquisses, le niveau de satisfaction face aux stratégies employée est évalué en fonction de cibles propres au projet. Au concept préliminaire, la performance du design est évaluée et comparée aux cibles. L'entrevue de validation permet de conclure que l'emploi du prototype tendrait à améliorer les pratiques de minimisation des déchets de construction alors que les concepteurs seraient guidés et la communication facilitée.

---

## CONSTRUCTION WASTE MINIMISATION: A DESIGN ASSESSMENT BASED TOOL

### INTRODUCTION

Construction and demolition (C&D) waste represents a major part of the waste stream in many countries (Kwan et al. 2001). In Quebec, C&D waste constitutes 34% of the province's generated waste (Recyc-Québec 2007). The building sector accounts for almost half of this waste (Recyc-Québec 2007), which is composed of materials such as asphalt, bricks, ceramic, concrete, glass, gypsum, insulation, metals, mortar, rubber, paint, plaster, plastics, tiles and wood (Bossink et al. 1996; McGrath 2001; Yu et al. 2001; Lepage et al. 2003). To promote C&D waste reclamation, construction standards allow the re-use of concrete and asphalt rubbles in fill works (Recyc-Québec 2006). As a result, these two types of waste represent 85% of all recycled C&D. Other types of building C&D waste show a low reclamation rate even if they could be reclaimed at rates ranging from 70% to 90% (Recyc-Québec 2006). This linear use of material is not sustainable as it puts unnecessary pressure on landfill sites, reducing their service life (BAPE 1997; Wong et al. 2004).

Previous research on C&D waste streams improved knowledge of waste origins. Studies agree that decisions made at the design stage are responsible for a substantial portion of the waste from construction and demolition activities (Bossink et al. 1996; Charlot-Valdieu 1996; Coventry et al. 1998; Ekanayake et al. 2004; Poon et al. 2004). However, it was observed that architects assume that

waste minimisation is contractors' responsibility (Osmani et al. 2008). This research therefore looks at integrating C&D waste minimisation at the design stage.

Related research has aimed at improving C&D waste minimisation performance in the building industry by developing various types of tools. However, these tools do not intervene in a structured manner at the design stage where it is possible to influence waste production for the building's entire life cycle. The environmental assessment of demolition projects proposed by Sara et al. (2001) and the construction waste stream simulation model proposed by Chandrakanthi et al. (2002) are helpful in a waste management context, but they are not meant to intervene at the design stage. SMARTWaste (BRE 2006) is useful for gaining knowledge on C&D waste streams as it facilitates waste auditing at the construction or demolition stage, but by itself it cannot reduce the amount of C&D waste sent to landfills for a particular building over its life cycle. Based on predefined building elements assessment (e.g., the floor or roof), the recyclability potential (Sassi 2002) and the construction waste production potential (Ekanayake et al. 2004) serve as informative guidelines to designers since they are limited to the elements analysed by the authors. In the case of building assessment tools (CBDCa 2004; Japan Sustainable Building Consortium 2004; Certivea 2006; Larsson 2006; Construction Industry Council 2007), the issue of C&D waste minimisation is limited throughout the assessment since these tools examine numerous environmental and architectural issues.

In order to achieve higher levels of C&D waste minimisation for a building, recommendations from case studies indicate that any actions to take must be structured and integrated into a project before the construction phase (McDonald et al. 1998; Lepage et al. 2003). The main purpose of this research is to propose a tool to guide designers and minimise C&D waste produced by buildings over their life cycle. The specific objectives of the tool are to

1. Allow designers to take action on C&D waste concerns before the construction phase with decisions affecting the waste produced over the building life cycle;
2. Assist designers on C&D waste matters by accompanying them throughout the design process.

To do so, the research question is divided in two sub-questions:

1. What technical content within the tool will allow effective C&D waste minimisation throughout a building's life cycle?
2. What approach does the tool propose to guide designers during the design process?

Based on the review of existing tools, it is assumed that the global principles of design assessment will be adapted in considering C&D waste minimisation at the design stage, thus guiding the research as it tries to provide answers to these questions.

#### **SCOPE**

C&D waste is considered to be any materials requiring transportation outside of a demolition or construction site. However, waste resulting from earthworks as well as hazardous materials are outside of the scope. In comparison with other types of waste produced by the building industry, earthworks waste represents a large volume of materials thus requiring a different type of handling (Ekanayake et al. 2004). As for hazardous materials, they are governed by specific regulations.

#### **RESEARCH METHODOLOGY**

The design strategy used within this research consists of a literature review, a focus group session, tool development and a validation interview.



## **LITERATURE REVIEW**

The first part of the literature review set out to identify design criteria that prevent C&D waste generation. The consulted literature included case study reports, design guides, studies and legislative documents where C&D waste issues were considered at the design or construction stages. The second part of the literature review aimed at providing an overview of the different characteristics of building assessment methods. For this part, building assessment methods and literature concerning their typology were studied.

## **FOCUS GROUP**

The focus group was composed of four experts with experience in building design and who had already encountered C&D waste concerns during building projects. The group comprised a sustainable development coordinator, a construction manager, a project manager and an architect. The first objective of the focus group was to verify the relevance of the design criteria found in the literature. Based on their experience, each participant was asked to classify the criteria according to their relevance to waste minimisation. From the individual classifications a global ranking was aggregated and participants were asked to discuss to what extent they agreed with the ranking.

The second objective was to determine the participants' needs in terms of an approach for a tool addressing C&D waste minimisation at the design stage. To collect precise data and to encourage dialogue, a short, close-ended questionnaire addressing the main characteristics found in the literature and three variants of tools showing various design assessment characteristics for C&D waste reduction were presented to the participants (Krueger et al. 2000). A structured discussion was then conducted on the relevance of each variant. The experts' comments were compiled using a framework adapted from the tool typologies found in the literature. To verify the consistency of the data obtained from the focus group, they were verified against the conclusions of the studies by Cole (2005) and Lützkendorf (2006) addressing the development of sustainable building-related tools.

## **TOOL DEVELOPMENT AND VALIDATION INTERVIEW**

Based on the previous findings, a tool for assessing building design in terms of C&D waste minimisation was implemented as a MS-EXCEL spreadsheet file. To validate the prototype, it was presented to a LEED-AP (Leadership in Energy and Environmental Design Accredited Professional) architect with 12 years of experience. The validation took the form of an open-ended interview where his comments on the applicability and relevance of the proposed tool in a real project setting were gathered (Leedy et al. 2005).

## **DESIGN CRITERIA ACTING UPON C&D WASTE PRODUCTION**

Two different ways of dealing with C&D waste have emerged from the literature review: source reduction by designing to avoid waste production and the implementation of effective waste management measures. Within these methods, four categories of criteria geared toward preventing waste generated by buildings over their life cycle were identified. The first is material minimisation. This category consists of design actions that tend to minimise the amount of required material in the building as well as material needed for construction purposes only. The second category relates to the anticipation of the building life cycle. It consists of actions that work to reduce waste or facilitate its management at subsequent renovation or demolition works. The third and fourth category relate respectively to the facilitation of waste management on site and its control with the help of contractual clauses. It consists of actions taken to plan for waste management and elements that can be integrated into a contract to insure the effective control of on-site operations. Table 1 summarises the criteria according to their category, the life cycle phase they aim to impact and the method they belong to.

TABLE 1 – DESIGN CRITERIA ACTING UPON C&amp;D WASTE PRODUCTION

DESIGN CRITERIA CATEGORY / INDIVIDUAL CRITERION	Aimed life cycle phases				Method
	Construction	Renovation	Demolition	Reduction	Management
<b>MATERIAL MINIMISATION</b>					
Interior finishes minimisation	X	X	X	X	
Prefabrication	X			X	
Construction material re-use			X	X	
Material standardisation	X	X	X	X	X
Recycled construction materials in specifications			X	X	
Temporary work minimisation	X			X	
<b>LIFE CYCLE ANTICIPATION</b>					
Flexible space design		X		X	
Adaptable structure design		X		X	
Design for disassembly		X	X	X	X
Inventory of building constituents		X	X		X
Finishes and envelope material recyclability		X	X		X
<b>ON SITE MANAGEMENT FACILITATION</b>					
Waste production estimate	X				X
Identification of the valorisation potential of the types of waste	X				X
Identification of a sorting or containers area	X				X
<b>CONTRACT SCOPE</b>					
Performance bound contractual clauses with financial incentive	X				X
On-site waste management plan requirement	X				X

### MATERIAL MINIMISATION

Material minimisation has an effect on the waste produced over the whole building life cycle. It has been observed that finishes and envelope material minimisation reduces waste resulting from packaging and from off cuts at the construction stage (GRVD 2001; Lepage et al. 2003). Use of standardized dimensions and materials reduces off cuts and minimises the various dimensions and composition of similar components thus facilitating procurement and material management at the construction stage and avoiding waste (Coventry et al. 1998; Lepage et al. 2003; Pitre 2008). It also facilitates waste sorting at the renovation or demolition stages to maximize the recovery of components. Design and site planning that use prefabrication and limit temporary works tend to minimise the quantity of material on site and reduce waste produced during such work (Coventry et al. 1998; Poon et al. 2003; Poon et al. 2004). Prefabrication also tends to limit wet trade work on site as unused excess mixture results in waste (Poon et al. 2003). Finally, limiting the use of new materials by integrating reclaimed building material or construction-base recycled material in a new design indirectly minimises waste resulting from the demolition of other buildings (Marques et al. 1999; GRVD 2001).

### LIFE CYCLE ANTICIPATION

Life cycle anticipation is concerned mainly with refurbishment and demolition waste. Studies conclude that the design of flexible spaces and structural systems leads to limiting the extent of renovation works or even avoid demolition required by a change of use, thus reducing waste generated by such works (Coventry et al. 1998; Marques et al. 1999; Addis et al. 2004). Furthermore, taking into account the recyclability of building material and facilitating its disassembly by measures taken at the design stage helps to facilitate the reclamation and re-use of the building components at the renovation and demolition stages (Marques et al. 1999; PWGSC 2000; Fortin 2003; Desrochers et al. 2004; Mamfredis 2006). Finally, creating an inventory of the building components allows for



greater reclamation at subsequent works since future project actors will know the chemical and mechanical characteristics of the components (Addis et al. 2004).

#### ON-SITE WASTE MANAGEMENT FACILITATION AND CONTRACT SCOPE

Design criteria within these two categories focus on waste produced at the construction phase. Given to the contractor at the tender stage, information such as an estimate of the different types of waste to be produced and their valorisation potential facilitates planning in terms of the equipment and workforce needed to steer such waste towards appropriate recyclers (Johnston et al. 1992; Charlot-Valdieu 1996; Kwan et al. 2001; Lepage et al. 2003; Ministère de l'Équipement 2004). Furthermore, the identification of a sufficient sorting area helps to make sure that construction site planning allows for the management of waste on site. As for the contract scope, the integration of the C&D waste management issue gives the designers and field professionals the ability to control the implemented management and ensure that efforts of reduction begun at design are pursued. To do so, the requirement for a waste management plan and contractual clauses bound to the performance have to be specified (Poon et al. 1996; Coventry et al. 1998; Kwan et al. 2001; Tam et al. 2002; Poon et al. 2003; Poon et al. 2004).

#### CHARACTERISATION OF THE PREFERRED ASSESSMENT APPROACH

A focus group session identified the main characteristics of the preferred assessment approach. It is described using a three-category framework adapted from various tools typology (Baumann et al. 1998; Cole 2005; Trusty 2005; Lützkendorf et al. 2006). The first category relates to the context in which the tool is used. It describes the benefits expected from the use of the tool, the intervention phases of the tool and the users. The second category relates to the way the tool interacts with the user. It describes how the tool helps users and the nature of the required inputs and how these are collected. The third category relates to the characteristics of the results generated by the tool. It describes the references used to produce the results, their nature, the type of weighting allowed and their presentation. Table 2 defines the characteristics and summarises the needs identified by the participants.

**TABLE 2 – CHARACTERISATION OF THE PREFERRED ASSESSMENT APPROACH**

	CHARACTERISTICS	DEFINITIONS	IDENTIFIED NEEDS
Context of use	Benefits	Specifies what users gain from using the tool.	Communication improvement; Awareness raising; Decision aid.
	Intervention phases	Specifies the project stages where the tool and its results are used.	Planning; Preliminary design.
	Users	Specifies project actors that have to provide data in order to use the tool.	Building owners; Designers
Interactions	Users' help	Specifies the parts of the tool that help, guide or inform the respondents during tool use.	General information; Facilitator; Strategies.
	Nature of input	Specifies the nature of data required to use the tool.	Mainly qualitative at early design stage
	Data collection	Specifies the way data are gathered.	Workshop sessions.
Provided results	Results references	Specifies what the tool refers to in order to generate results.	Project own objectives.
	Nature of results	Specifies the nature of the results provided by the tool.	Mainly qualitative.
	Weighting	Specifies the levels on which the tool allows setting project issues.	Criteria; Category of criteria.
	Presentation	Specifies the levels of results aggregation the tool allows and the format of these results.	Presentation by criteria; Aggregation by category of criteria; Graphics and tables.



### CONTEXT OF USE

The structured discussion led to the definition of the preliminary design as the main stage of the process at which the tool should intervene in order to allow the optimisation of the design for C&D waste concerns. Interventions as early as the planning stage were also considered desirable to establish the project's guidelines. Planning stage intervention was also considered important by Cole (2005) in his study of the further development of sustainable building tools. Since the design stage is targeted, it is also obvious that the designers must be involved as those responsible for implementing the design. Furthermore, use of the tool at the planning stage entails that the owner is a user as well as the bearer of the tool.

### INTERACTIONS

It was observed that a tool requiring qualitative data was preferred for integrating C&D waste minimisation at the design stage, which follows the suggestion (Cole 2005) to limit the quantity of data needed to use a tool. The use of quantitative data was questioned due to the amount of resources needed to work with such data. However, participants' comments indicated a need for a tool showing a high level of detail. To collect these data, a workshop process was favoured over working individually with the tool. On the subject of help features, participants acknowledged that having a facilitator knowledgeable in C&D waste issues to conduct the workshops was an important factor. It was also stated by the participants and supported by the studies of Cole (2005) and Lützkendorf et al. (2006) that an assessment tool should propose general solution models to guide designers. However, considering the uniqueness of individual construction projects, it was recognised that a tool could not contain every valid solution to a specific project, thus reinforcing the need for a skilled facilitator at workshop sessions. This need for guidance corresponds to participants' desire for help with decision making. Furthermore, the presence of a knowledgeable facilitator, combined with a workshop session for training, provides the additional benefit of improving communication among project actors, another desire of the participants. Along with raising awareness on C&D waste issues, participants expressed the need to have access to general qualitative information on design criteria. However, because of the uniqueness of building projects and the evolution of construction technologies, an integrated knowledge base addressing the realisations of other projects was not considered useful.

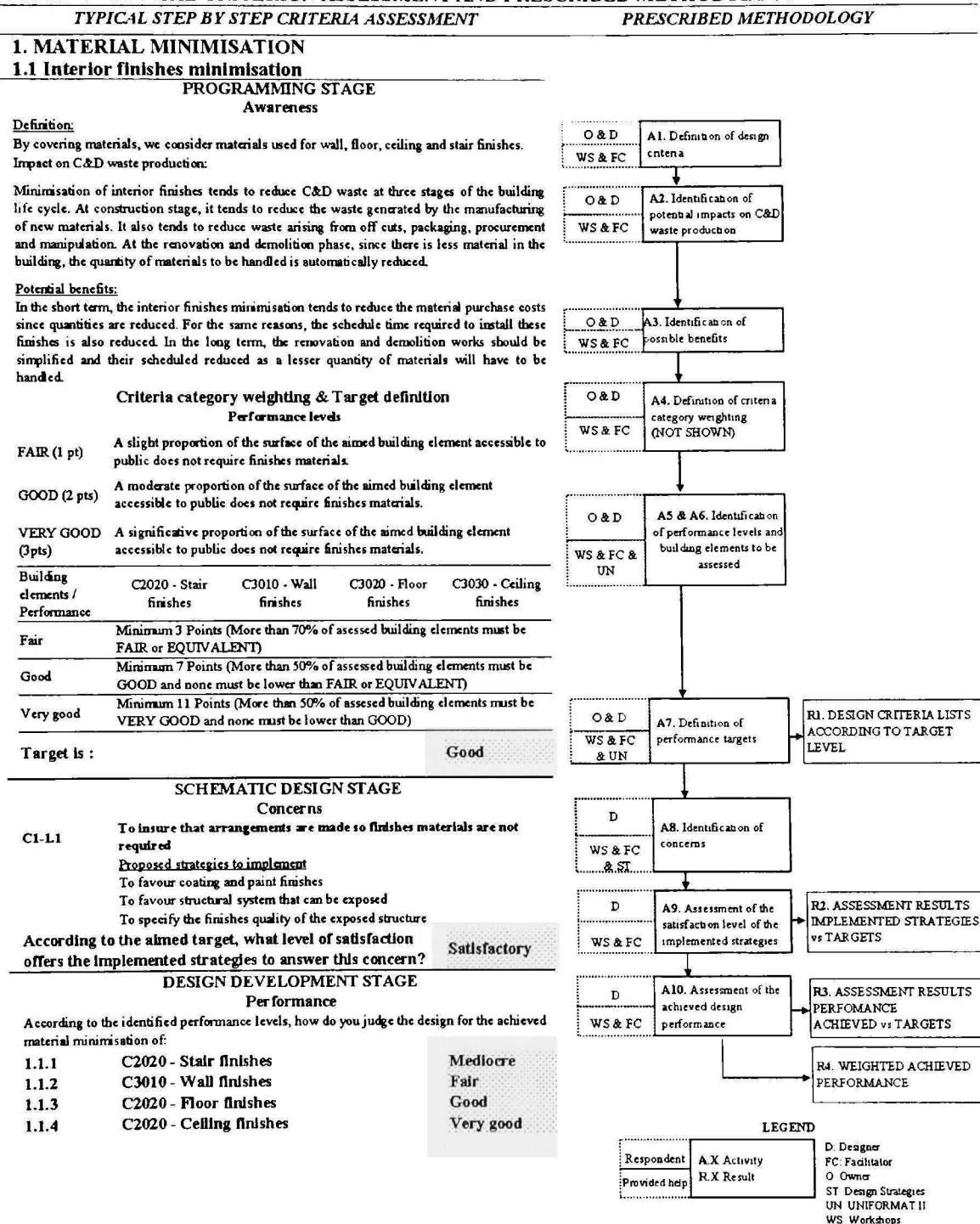
### PROVIDED RESULTS

In terms of the results, the most important need stated by the participants was for the tool to adapt itself to the project objectives and to assess the design against these. Consequently, participants tended to prefer a detailed weighting process to obtain clear objectives to work with. Participants also preferred easy-to-understand, graphic results allowing comparison between the actual design and the established objectives. These characteristics of the assessment results were also mentioned by Lützkendorf (2006) and Cole (2005) in their respective studies on tool development. As for the nature of the results, a preference was noted for a qualitative approach, which corresponds with the use of the tool early in the design process when quantitative data may not be available.

### PROPOSED TOOL

Based on the findings from the literature review and the focus group session, the proposed tool suggests 16 design criteria (Table 1) that must be assessed following a 10-step methodology (A1 to A10) generating four types of results (R1 to R4) and integrated into the building design process. The tool's methodology and aims are presented in the following subsections according to the design stage where it intervenes. The methodology is schematized and illustrated with screenshots taken from the prototype at Figure 1. The design criterion "Interior finishes minimisation" is used as an example.

FIGURE 1 – TYPICAL CRITERION ASSESSMENT AND PRESCRIBED METHODOLOGY





#### **PROGRAMMING STAGE - AWARENESS ACTIVITIES**

The first type of intervention takes place at the end of the programming stage, which is the moment when owner requirements for the project are stated (Charette et al. 1999). Since knowledge of C&D waste issues is not uniform (Osmani et al. 2008), the tool's role is to raise awareness among the designers and owners on what can be done to integrate C&D waste issues into a project and what this would lead to. To do so, the tool justifies the use of the design criteria and establishes a common language among owners and designers during workshop sessions. This comprises steps A1 to A3 shown in Figure 1. Definitions of each design criterion are given to define their scope (A1). The tool also contains information on the potential impacts on C&D waste minimisation over the life cycle of the building when each criterion is implemented (A2). Finally, the tool contains qualitative arguments regarding the possible benefits that the implementation of the criteria may have on project cost, schedule and maintenance (A3). To facilitate the transmission of this information, the workshop should be conducted by a facilitator knowledgeable in C&D waste issues. For this purpose, a LEED accredited professional could fulfill this role, thus responding to the desire of the focus group participants for someone able to educate the main actors of the project. In order to go forward with the tool and optimise the waste minimisation measures to be implemented, this common language and justification must be established.

#### **PROGRAMMING STAGE – TARGET SETTING**

The second type of intervention at the programming stage is to set a performance target for C&D waste management. This corresponds to steps A4 to A8 shown in Figure 1. Unlike with energy efficiency concerns where codes and standards such as Novoclimat define good practices, no such references exist for C&D waste management and reduction. Without a reference system, it becomes difficult to establish to what extent waste minimisation was achieved. For this intervention, realised as a workshop and requiring the presence of designers and owners, it is a matter of setting up a reference system adaptable to the uniqueness of building projects and then using this system to define performance targets for C&D minimisation. The prototype first asks the users to weight the project priorities at a high level (A4). A certain number of points have to be distributed among the four main categories of design criteria shown in Table 1. On a more specific level and for each design criterion, the tool uses the elemental classification UNIFORMAT II to determine the parts of the building design to be assessed. Then the tool defines three performance levels for each building element assessed (Fair = 1pt, Good = 2pts, and Very Good = 3pts). The performances of the elements can then be combined to obtain a global performance for all the criteria (A5&A6). The reference system being defined, users are asked to indicate the targeted performance level for each criterion (A7). At the end of the intervention, the tool generates a list of criteria sorted by their targeted performance (R1). In this way, before the schematic design starts, designers are provided with guidelines identifying the project stakes in which the owner has been empowered.

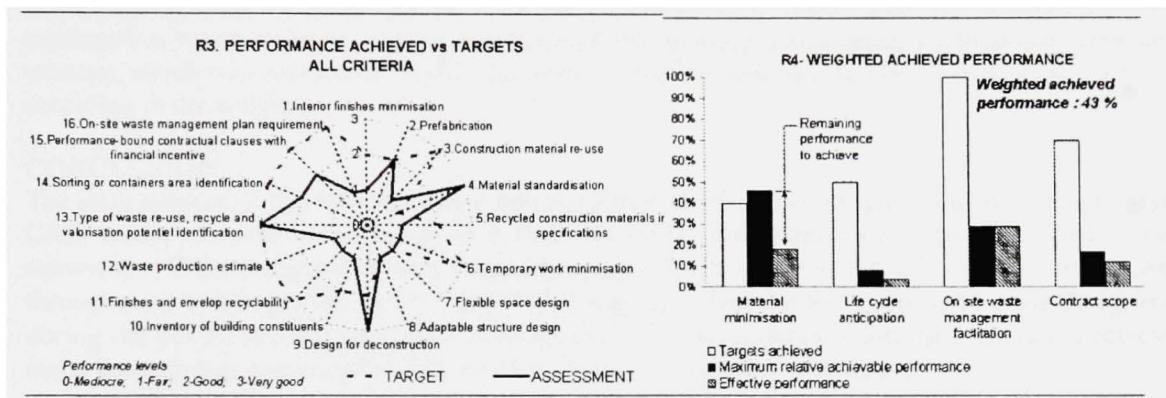
#### **SCHEMATIC DESIGN – IMPLEMENTED MEASURES ASSESSEMENT**

The third type of intervention takes place at the schematic design, which is the stage where architectural and engineering solutions to the requirements are established to define a concept (Charette et al. 1999). At this stage, the tool's role is to drive designers toward solutions minimising C&D waste. This corresponds to steps A8 and A9 in Figure 1. First, the tool identifies concerns for each design criterion. To help designers respond to these concerns and develop adapted solutions to minimise C&D waste, the prototype contains lists of design strategies (A8). However, in order to favour innovative solutions while the schematic design is elaborated, and to make sure that strategies are adapted to the project context, the tool asks users to assess the satisfaction level of the strategies adopted at this stage in comparison with the targets established at programming stage (A9). This assessment has to be made until all taken measures are justified and the schematic design is



considered to achieve targets satisfactorily. To ensure the proper use of the tool and to add to the proposed design strategies, a facilitator is required at these steps while the assessment is made during workshops. This forces project actors to discuss ideas with each other and to arrive at a consensus on strategies to implement. To facilitate the discussion and to identify where efforts need to be made before undertaking the next design stage, the tool provides graphic assessment results (R2) under a RADAR (similar to R3 in Figure 2) that allow users to see the level of satisfaction for each concern of each criterion. Even if there is no guarantee that adopted strategies will achieve the targeted performance, it is a step in the right direction.

FIGURE 2 – DESIGN DEVELOPMENT ASSESSMENT RESULTS (R3 & R4)



#### DESIGN DEVELOPMENT – PERFORMANCE ASSESSEMENT

The fourth type of intervention takes place at design development, the stage where designers make decisions on building systems which will transform the adopted strategies into tangible results that will dictate the final composition of the building (Charette et al. 1999). At this stage, the tool's role is to verify if the C&D waste minimisation performance targets are reached, as described in step A10 in Figure 1. To assess the design, the tool uses the same reference system that was developed for the target settings at the programming stage (A10). For each building element defined by UNIFORMAT II and addressed by the specific design criteria, designers are asked to assess the achieved performance based on the performance levels defined by the tool (Mediocre = 0pt, Fair = 1pt, Good = 2pts, Very Good = 3pts). Further aggregation of elements' performances allows for obtaining a global performance for the specified criteria and compares them to the targets established earlier. Once the assessment is finished, the radar graphic (R3) shown in Figure 2 allows for the comparison of the achieved performance to the targeted performance and for further action to improve design weaknesses. Another type of results graphic addresses the global performance of the project (R4) and is shown in Figure 2. This graphic considers that a performance of 100% is obtained when all targets are achieved. The relative maximum achievable performance for each category of the design criteria is defined by the project priorities weighted at the programming stage (A4). The effective performance of a criteria category is calculated by multiplying the maximum relative achievable performance with the percentage of achieved targets. Having these three data in the same chart allows the designers to see in which categories of criteria the design improvement will have the most impact on the global achieved performance of the project.

#### VALIDATION INTERVIEW

The comments obtained at the interview with the architect allowed the prototype to be globally validated. In terms of the approach, it was said that the sequence of activities proposed by the methodology could be integrated in a real project setting. Use of the prototype would improve the

current practices in C&D waste minimisation as every professional involved in the building design would have to participate and that the workshop sessions would facilitate communication in this matter. The prototype would also serve as a reminder to help them identify what has to be done to achieve waste minimisation. However, according to the architect, the introduction of the tool at the programming stage could be too early in the design process since the requirements of the project may not clear enough at this stage. In this case, the schematic design should be the starting point of the tool's use. In terms of technical content, the proposed design criteria were considered relevant and having a potential effect on waste generation. Criteria addressing material minimisation, which are part of the design philosophy of the practice of the architect interviewed, were considered the most relevant. However, even if the criteria were all considered useful in theory, it was said that implementing some of these criteria on a project could be difficult, such as, for example, the construction waste estimate and the inventory of the building components. Furthermore, granular wastage, which was considered outside the scope of this research, should also be part of such a tool, according to the architect.

## CONCLUSION

The main purpose of this research was to propose a tool which guides designers and aims to minimise C&D waste produced by buildings over their life cycle. Two research sub-questions had to be answered: "What technical content within the tool will allow effective C&D waste minimisation throughout a building's life cycle?" and "What approach does the tool propose to guide designers during the design process on C&D waste issues?" To answer these questions, a literature review and a focus group composed of four building professionals were carried out.

To guide designers, a tool was proposed which assesses 16 design criteria following a methodology integrated into the design process. This qualitative assessment is carried out during workshops conducted by a facilitator with a basic knowledge of C&D waste concerns. At the programming stage, to establish a common language among owners and designers and to raise their awareness of C&D waste issues, the tool provides a definition of each criterion and its potential impacts on C&D waste production, project cost, schedule and building maintenance. Also at this stage, the tool offers a flexible reference system for fixing global project priorities and precise target performances for each criterion; this gives guidelines to designers before actual design begins. At the schematic design stage, the tool guides designers toward a minimal waste design. It identifies concerns to consider as well as potential design strategies. It also requires determining the satisfactory level of the implemented strategies with regards to the established targets. Graphic results are provided at this stage to identify where improvements are needed before proceeding to the next design stage. During design development, the tool verifies the achieved design performance by assessing each criterion using the previously established reference system. A radar graphic generated by the tool at this stage identifies any gaps between the actual performance and the targets. Furthermore, a performance histogram shows where design improvement has a greater effect on global project performance when the global priorities weighting is taken into consideration.

Since C&D waste accounts for a large part of a country's waste stream and impacts the environment, the main contribution of the proposed tool is to facilitate the discussion of C&D waste minimisation early in design process at planning stages where decisions have the greater impact on the building's life cycle. Building professionals who use the prototype and follow its methodology should benefit from its guidance and the reminders throughout the design process to achieve waste minimisation in a structured way until the project targets are reached. Such a tool could also educate building professionals on the issue of C&D waste minimisation, allowing consideration of the issue to become part of standard design. It could later become an economic advantage as C&D waste regulation



becomes stricter and landfill fees rise in many countries. The next step for this prototype is to be used in a real project setting, starting the iteration process that will lead to a more complete tool in terms of design criteria and users' decision-making assistance.

## ACKNOWLEDGMENT

The scholarship received from the École de technologie supérieure and the material resources it provided made this research project possible. This support is gratefully acknowledged.

## REFERENCES

- Addis, W. and J. Schouten (2004). Design for deconstruction - Principles of design for deconstruction to facilitate reuse and recycling. London, Construction Industry Research and Information Association: 107.
- BAPE (1997). Établissement d'un dépôt de matériaux secs à St-Alban. Québec, Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. **Rapport 123**: 73.
- Baumann, H. and S. J. Cowell (1998). "Evaluative framework for environmental management approaches." *Doktorsavhandlingar vid Chalmers Tekniska Hogskola*(1365): 16.
- Bossink, B. A. G. and H. J. H. Brouwers (1996). "Construction waste: Quantification and source evaluation." *Journal of Construction Engineering and Management* **122**(1): 55-60.
- BRE. (2006). "SMARTWaste." from <http://www.smartwaste.co.uk/index.jsp>.
- CBDCa (2004). LEED - Système d'évaluation & Addenda - Pour nouvelles constructions et rénovations importants LEED Canada-NC Version 1.0, Conseil du bâtiment durable du Canada: 167.
- Certivea (2006). *Référentiel technique de certification "Bâtiment tertiaire - Démarche HQE"*. Paris, CSTB.
- Chandrakanthi, M., P. Hettiaratchi, et al. (2002). Optimization of the waste management for construction projects using simulation. San Diego, CA, United States, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. **2**: 1771-1777.
- Charette, R. P. and H. E. Marshall (1999). UNIFORMAT II Elemental classification for building specifications, cost estimating and cost analysis, U.S Department of Commerce.
- Charlot-Valdieu, C. (1996). "Reduction and management of waste materials in construction sites in France." *Industry and Environment* **19**(2): 45-47.
- Cole, R. J. (2005). "Building environmental assessment methods: Redefining intentions and roles." *Building Research and Information* **33**(5): 455-467.
- Construction Industry Council (2007). CIC Design Quality Indicator Online. London, CIC: 16.
- Coventry, S. and P. Guthrie (1998). Waste minimisation and recycling in construction - design manual. *CIRIA Special publication*. London, Construction Industry Research and Information Association: 57.
- Desrochers, M., J.-F. Lepage, et al. (2004). Gestion des matières résiduelles de la rénovation du Collège Notre-Dame-de-Lourdes - Arrondissement Saint-Lambert, Longueuil. Montréal, RECYC-Québec: 14.
- Ekanayake, L. L. and G. Ofori (2004). "Building waste assessment score: Design-based tool." *Building and Environment* **39**(7): 851-861.
- Fortin, A. J. (2003). Étude d'un projet de déconstruction au 245 rue Richelieu à Saint-Jean-sur-Richelieu. Montréal, Recyc-Québec: 12.
- GRVD (2001). Best Practices Guide - Material Choices for sustainable Design. *BuildSmart*. Vancouver, Greater Vancouver Regional District: 87.
- Japan Sustainable Building Consortium (2004). CASBEE for New Construction, Institute for Building Environment and Energy Conservation, 231.
- Johnston, H. and W. R. Mincks (1992). "Waste management for the construction manager." *Transactions of the American Association of Cost Engineers* **2**: 5.1-5.13.
- Krueger, R. A. and M. A. Casey (2000). *Focus Group - A practical guide for applied research*. Thousand Oaks, Sage publications.
- Kwan, Mallet, et al. (2001). Tools for measuring and forecasting waste generated on site. *Project report* London, Construction Industry Research and Information Association: 21.
- Larsson, N. (2006). An overview of the GBC Method and SBTool, International Initiative for a Sustainable Built Environment: 16.
- Leedy, P. D. and J. E. Ormrod (2005). *Practical Research: Planning and Design*. New Jersey, Pearson Merrill Prentice Hall.
- Lepage, J.-F., J. Whitford, et al. (2003). Gestion des déchets de construction - Chantier du Mountain Equipment Coop - Montréal. Montréal, RECYC-Québec: 23.
- Lützkendorf, T. and D. Lorenz (2006). "Using an integrated performance approach in building assessment tools." *Building Research and Information* **34**(4): 334-356.
- Mamfredis, V. (2006). Gestion de déchets CRD sur un chantier résidentiel urbain - Projet Cuvilier. Montréal, RECYC-Québec: 8.



- Marques, J., F. Pagani, et al. (1999). Process makes product: Demonstration green building at Canadian university. *ASHRAE Transactions: Symposia*. Seattle, WA, USA, The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers: 819-830.
- McDonald, B. and M. Smithers (1998). "Implementing a waste management plan during the construction phase of a project." *Construction Management and Economics* **16**(1): 71.
- McGrath, C. (2001). "Waste minimisation in practice." *Resources, Conservation and Recycling* **32**(3-4): 227-238.
- Ministère de l'Équipement, d. T. e. d. L. (2004). Déchets du BTP - Plan de Gestion pour Paris et la Petite couronne. r. e. s. Division nuisances: 195.
- Osmani, M., J. Glass, et al. (2008). "Architects' perspectives on construction waste reduction by design." *Waste Management* **28**(7): 1147-1158.
- Pitre, M. (2008). Gestion intégrée des matières résiduelles provenant de l'industrie de la construction de bâtiments. *Génie de la construction*. Montréal, École de technologie supérieure. **Maîtrise en génie**: 217.
- Poon, C. S., A. T. W. Yu, et al. (2004). "Reducing building waste at construction sites in Hong Kong." *Construction Management and Economics* **22**(5): 461-470.
- Poon, C. S., A. T. W. Yu, et al. (2003). "Comparison of low-waste building technologies adopted in public and private housing projects in Hong Kong." *Engineering, Construction and Architectural Management* **10**(2): 88-98.
- Poon, C. S., A. T. W. Yu, et al. (2004). "Management of construction waste in public housing projects in HongKong." *Construction Management and Economics* **22**(7): 675-689.
- Poon, C. S., X. Yuqing, et al. (1996). "Building waste minimisation in Hong Kong construction industry." *Journal of Solid Waste Technology and Management* **23**(2): 111-117.
- PWGSC (2000). Guide du DDN pour la rédaction de devis de construction et de rénovation respectueux de l'environnement. Hull, Public Works and Government Services Canada.; 125.
- Recyc-Québec (2006). Fiche d'information: Les résidus de construction, de rénovation et de démolition: 8.
- Recyc-Québec (2007). Bilan 2006 de la gestion des matières résiduelles au Québec: 24.
- Sara, B., E. Antonini, et al. (2001). Application of Life Cycle Assessment (LCA) methodology for valorization of building demolition materials and products. *Proceedings of SPIE*. Boston, MA. **4193**: 382-390.
- Sassi, P. (2002). Study of current building methods that enable the dismantling of building structures and their classifications according to their ability to be reused, recycled or downcycled. Nottingham, University of Nottingham: 6.
- Tam, V. W. Y. and L. Y. Shen (2002). "Implementation of environmental management in the Hong Kong construction industry." *International Journal of Project Management* **20**(7): 535-543.
- Trusty, W. B. (2005). "Introducing An Assessment Tool Classification System." from <http://www.athenasmi.ca/publications/docs/AssessTypologyTool.pdf>.
- Wong and Yip (2004). "Promoting sustainable construction waste management in Hong Kong." *Construction Management and Economics* **22**(6): 563-566.
- Yu, A. T. W., C. S. Poon, et al. (2001). "On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong." *Resources, Conservation and Recycling* **32**(2): 157-172.



# ACCUSÉ DE RÉCEPTION DE L'ARTICLE (2 pages)

Page 1 of 3

Tétrault, Maxime

De: Desmarais, Guyaine [g.desmarais@patenaude-trempe.com]  
 À: Tétrault, Maxime  
 Co:  
 Objet: RE: CCBS12 - Submission of paper No 63  
 Pièces jointes:

Bonjour M. Tétrault,

Je vous remercie pour votre soumission. Je vous transmettra les commentaires des réviseurs lorsque j'en aurai.

Au plaisir,

Guyaine Desmarais, Ph.D., M.Sc., Ing. B.A.P.  
 Chargée de projets

Patenaude-Trempe Inc.  
 Siège social / head office

1471, boul. Hébert, bureau, suite 30  
 Varennes (Québec) CANADA J3X 3P7  
 Tél. 450-552-2235 / 2501 Fax: 450-552-6801  
 g.desmarais@patenaude-trempe.com

Original Message  
 From: maxime.tetrault.1@ens.etsmtl.ca [mailto:maxime.tetrault.1@ens.etsmtl.ca]  
 Sent: Tuesday, September 30, 2008 3:40 PM  
 To: Desmarais, Guyaine  
 Subject: CCBS12 - Submission of paper No 63

Mrs. Desmarais  
 You will find my paper for the 12th CCBS as an attached file.

Cordially,

Maxime TÉTRAULT  
 École de Technologie Supérieure  
 1100, Rue Notre-Dame Ouest  
 Montréal, Québec  
 H3C 1K3  
 T: 514 396-8800 (7365)

De: Desmarais, Guyaine [mailto:g.desmarais@patenaude-trempe.com]  
 Date: 2008-09-24 12:06  
 À: Mirovich@mc.ca; Jorgues, Daniel [d.jorgues@engineering.com]; Tétrault, Maxime [m.ostoyich@mc.ca]; Francoeur, Franck [francoeur.franck@mc.ca]  
 Objet: CCBS12 - Submission of your papers



Dear authors,

I hope you all had a very good summer. However, summer is now coming to an end, which means that your papers for the 12th Canadian Conference on Building Science and Technology are due very soon. I would therefore like to remind you that your papers are due on September 30th.

Please send me your paper by e-mail, formatted according to the template available on the Conference website.

I also remind you that the abstract has to be both in English and in French. If you need help with French, let us know and we will translate the abstract for you.

Do not hesitate to contact me if you have any questions.

Best regards and looking forward to hearing from you,

Guyline Desmarais-Jardir, M.Sc.A., LEED AP

Session chair: "Design projects and design tools"

Patenaude-Trempe Inc.

siège social / head office

1471 boul. Lionel-Boulet, suite 30

Varennnes (Québec) CANADA J3X 1P7

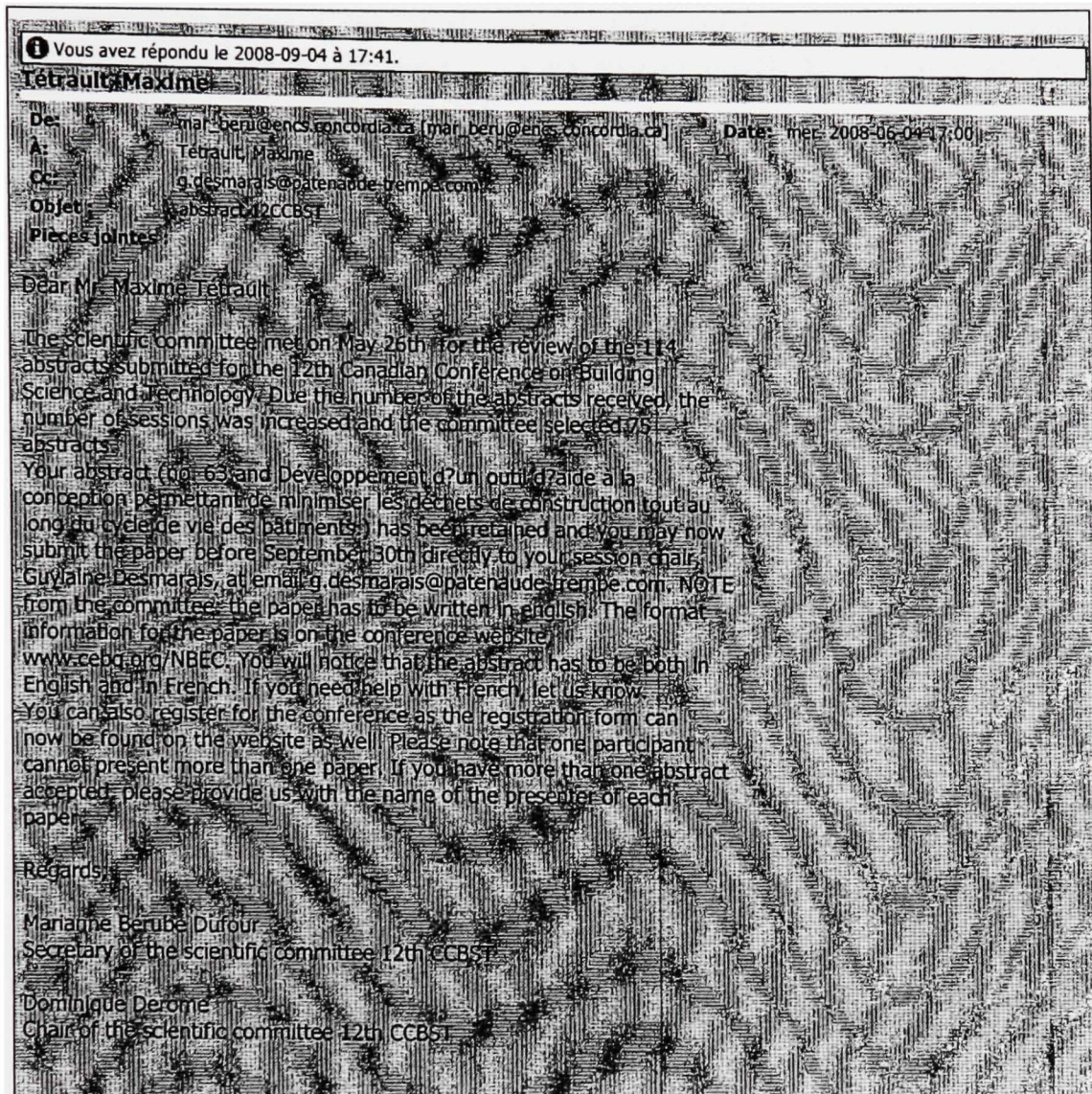
Tel: 450-652-2235 / 250 Fax: 450-652-6801

g.desmarais@patenaude-trempe.com <<mailto:g.desmarais@patenaude-trempe.com>>

<<http://www.patenaude-trempe.com/>>



## ACCEPTATION DU RÉSUMÉ DE L'ARTICLE (1 page)



## LISTE DE RÉFÉRENCES

- 2KDS et Madeleine Noeuvéglise. 2005. « Pôle administratifs des Mureaux: Une opération HQE exemplaire ». En ligne. <[www.arenidf.org/HQE-urbanisme/pdf/Mureaux-HQE.pdf](http://www.arenidf.org/HQE-urbanisme/pdf/Mureaux-HQE.pdf)>. Consulté le 2 mai 2007.
- Addis, W. et J. Schouten. 2004. *Design for deconstruction - Principles of design for deconstruction to facilitate reuse and recycling*. CIRIA C607. London: Construction Industry Research and Information Association, 107 p.
- ADEME. 2001. « ECO-Guide professionnel - Chantiers du bâtiment ». En ligne. Strasbourg: ECO Conseil, Institut européen pour le conseil en environnement. <[http://www.eco-et-mat.com/documents/id\\_91\\_1.pdf](http://www.eco-et-mat.com/documents/id_91_1.pdf)>. Consulté le 4 mars 2007.
- ADEME. 2007. « Les déchets en chiffre : Données et références ». En ligne. Angers: <<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=45128&p1=00&p2=05&ref=17597>>. Consulté le 23 mai 2008.
- Agence de l'efficacité énergétique. 2003. *NOVOCLIMAT: Documents techniques*. En ligne. <<http://www.aee.gouv.qc.ca/habitation/novoclimat/documents/documents.jsp>>. Consulté le 13 juillet 2008.
- Association canadienne de la construction. 2001. « Guide des meilleures pratiques en matière de réduction des déchets solides ». En ligne - Accès restreint. <[http://www.acq.org/index.php?Itemid=2359&id=48&option=com\\_content&task=view](http://www.acq.org/index.php?Itemid=2359&id=48&option=com_content&task=view)>. Consulté le 19 juin 2007.
- Athena Sustainable Materials Institute. 2007. « Environmental Impact Estimator ». In *Athena Institute*. En ligne. <<http://www.athenasmi.org/tools/impactEstimator/index.html>>. Consulté le 18 février 2008.
- Baumann, Henrikke et Sarah J. Cowell. 1998. « Evaluative framework for environmental management approaches ». *Doktorsavhandlingar vid Chalmers Tekniska Hogskola*, n° 1365, p. 16.
- Bonfield, Peter. 2004. « New era for recycled building products? ». *Materials World*, vol. 12, n° 7, p. 27-29.
- Bossink, B. A. G. et H. J. H. Brouwers. 1996. « Construction waste: Quantification and source evaluation ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 122, n° 1, p. 55-60.



- Building Research Establishment. 2006. « SMARTWaste ». In. En ligne. <<http://www.smartwaste.co.uk/index.jsp>>. Consulté le 30 janvier 2008.
- Building Research Establishment. 2007. *Envest - Environmental Impact Assessment and Whole Cost estimator*. Logiciel en ligne. <<http://envestv2.bre.co.uk/>>. Consulté le 19 février 2008.
- Building Research Establishment. 2007a. « Envest ». In. En ligne. <<http://www.bre.co.uk/service.jsp?id=52>>. Consulté le 19 février 2008.
- Building Research Establishment. 2007c. « BRE - Our Commitment and Values ». In. En ligne. <<http://www.bre.co.uk/page.jsp?id=618>>. Consulté le 19 février 2008.
- Bulle, Dominique et Madeleine Noeuvéglise. 2006. « Chantier à faible impact environnemental: L'exemple du pôle des Mureaux ». En ligne. <[www.areneidf.org/HQE-urbanisme/pdf/Mureaux-GestionChantier.pdf](http://www.areneidf.org/HQE-urbanisme/pdf/Mureaux-GestionChantier.pdf)>. Consulté le 2 mai 2007.
- Bureau d'audiences publique sur l'environnement. 1997. *Établissement d'un dépôt de matériaux secs à St-Alban*. Québec, 73 p.
- Canada Mortgage and Housing Corporation. 2004d. *International Energy Agency Energy Related Environmental Impact of Building*. En ligne. Coll. « Core Reports - Life Cycle Assessment Methods For Buildings ». International Initiative for a Sustainable Built Environment, 20 p. <[http://www.iisbe.org/annex31/pdf/E\\_life\\_cycle\\_assessment.pdf](http://www.iisbe.org/annex31/pdf/E_life_cycle_assessment.pdf)>. Consulté le 6 février 2008.
- Carnegie Mellon University. 2003. *Decision Making Techniques of Industrial Ecology*. En ligne. <<http://telstar.ote.cmu.edu/environ/m3/s4/matdecmak.shtml>>. Consulté le 23 juillet 2008.
- CBDCa. 2004. « LEED - Système d'évaluation & Addenda - Pour nouvelles constructions et rénovations importants LEED Canada-NC Version 1.0 ». En ligne. Conseil du bâtiment durable du Canada. <<http://www.cagbc.org/uploads/Systeme%20evaluation%20des%20batiments%20ecologiques.pdf>>. Consulté le 4 octobre 2007.
- Certivea. 2006. *Référentiel technique de certification "Bâtiment tertiaire - Démarche HQE"*, Aout 2006 - Modifié selon l'erratum du 30 mars 2007. Paris: CSTB, 239 p. <<http://www.certivea.fr/hqe/pdfok.asp?nom=dfg&prenom=dfg&email=maxmax700@hotmail.com&societe=yeye&fonction=&adresse=&cp=&ville=&pays=FRANCE&tel=&fax=&civilite=2&ref=2>>. Consulté le 4 juillet 2007.



- Chandrakanthi, Mala, Patrick Hettiaratchi, Bolivar Prado et Janaka Y. Ruwanpura. 2002. « Optimization of the waste management for construction projects using simulation ». In. Vol. 2, p. 1771-1777. Coll. « Winter Simulation Conference Proceedings ». San Diego, CA, United States: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <<http://dx.doi.org/10.1109/WSC.2002.1166464>>.
- Charette, Robert P. et Harold E. Marshall. 1999. *UNIFORMAT II Elemental classification for building specifications, cost estimating and cost analysis*. En ligne. NISTIR 6389. U.S Department of Commerce. <<http://www.bfrl.nist.gov/oae/publications/nistirs/6389.pdf>>. Consulté le 10 juillet 2008.
- Charlot-Valdieu, Catherine. 1996. « Reduction and management of waste materials in constructon sites in France ». *Industry and Environment*, vol. 19, n° 2, p. 45-47.
- Chini, Abdol R. et Shailesh Balanchandran. 2002. « Anticipating and responding to deconstruction through building design ». In *Proceedings of the CIB task group 39 - Deconstruction meeting* (Allemagne, 9 avril 2002). En ligne. Vol. CIB publication 272 <<http://www.cce.ufl.edu/Design%20for%20Deconstruction%20and%20Materials%20Reuse.pdf>>. Consulté le 13 juillet 2009.
- Cole, Raymond J. 2005. « Building environmental assessment methods: Redefining intentions and roles ». *Building Research and Information*, vol. 33, n° 5, p. 455-467.
- Conseil national de recherche du Canada. 2007. « Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments - Canada 1997 ». In. En ligne. <[http://www.nationalcodes.ca/mnecb/index\\_f.shtml](http://www.nationalcodes.ca/mnecb/index_f.shtml)>. Consulté le 10 juillet 2008.
- Constructing Excellence in the Built Environment. 2007. « UK Construction Industry KPI Launch 2007 ». En ligne. DTI. <[http://www.constructingexcellence.org.uk/pdf/kpizone/KPI\\_Launch\\_Presentations\\_13-06-2007.pdf](http://www.constructingexcellence.org.uk/pdf/kpizone/KPI_Launch_Presentations_13-06-2007.pdf)>. Consulté le 30 janvier 2008.
- Construction Industry Council. 2005. « DQI Presentation ». En ligne. CIC. <<http://www.dqi.org.uk/DQI/Common/DQIShortNew.ppt>>. Consulté le 8 mai 2007.
- Construction Industry Council. 2007. *CIC Design Quality Indicator Online*. Logiciel en ligne. London: CIC. <<http://www.dqi.org.uk/DQI/Resources.htm>>. Consulté le 9 octobre 2007.

- Construction Products Association. 2005. *Construction Product Industry - Ker Performance Indicator - Handbook*. En ligne. 53 p.   
<http://www.constprod.org.uk/download/network/CPI%20KPI%202005%20-%20Handbook.pdf>. Consulté le 19 février 2007.
- Coventry, Stuart et Peter Guthrie. 1998. *Waste minimisation and recycling in construction - design manual*. Coll. « CIRIA Special publication », 134. London: Construction Industry Research and Information Association, 57 p.
- Dacorum borough council. 2005. *The 4 R's and the Waste Hierarchy*. En ligne.   
<http://www.dacorum.gov.uk/default.aspx?page=4130>. Consulté le 23 mai 2008.
- Department for environment food and rural affairs. 2007. « Waste Strategy 2007: Annex C3 construction, demolition and excavation waste ». En ligne. Crown.   
<http://www.defra.gov.uk/environment/waste/strategy/strategy07/pdf/waste07-annex-c3.pdf>. Consulté le 20 mai 2008.
- Department of Health. 2002. « NHS Environment Assessment Tool guidance ». In.   
[http://www.dh.gov.uk/en/Publicationsandstatistics/Publications/PublicationsPolicyAndGuidance/DH\\_4119943](http://www.dh.gov.uk/en/Publicationsandstatistics/Publications/PublicationsPolicyAndGuidance/DH_4119943). Consulté le 8 mai 2007.
- Desrochers, Martin, Jean-François Lepage et Jacques Whitford. 2004. *Gestion des matières résiduelles de la rénovation du Collège Notre-Dame-de-Lourdes - Arrondissement Saint-Lambert, Longueuil*. En ligne. Montréal: RECYC-Québec, 14 p.   
[http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/upload/Publications/gestion\\_des\\_matières\\_residuelles\\_de\\_la\\_.pdf](http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/upload/Publications/gestion_des_matières_residuelles_de_la_.pdf) ≥.
- Développement durable Environnement et Parcs. 2002. *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008*. En ligne.   
[http://www.mddep.gouv.qc.ca/matières/mat\\_res/](http://www.mddep.gouv.qc.ca/matières/mat_res/). Consulté le 23 mai 2008.
- Direction des immobilisations. 2005. « Processus d'élaboration d'un projet de construction: Guide à l'intention des professionnels du ministère, responsables des projets d'immobilisation ». En ligne. Québec: Ministère de la culture et des communications.   
<http://www.mcccf.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/diapason/PDF-Guide-Planification-Construct.sept05.pdf>. Consulté le 9 juillet 2008.
- École des Mines de Paris. 2003. *EQUER - Outil de simulation de cycle de vie*. Logiciel en ligne.   
<http://www.cenerg.ensmp.fr/francais/logiciel/indexequer.html>. Consulté le 15 mai 2007.



- Ekanayake, Lawrence Lesley et George Ofori. 2004. « Building waste assessment score: Design-based tool ». *Building and Environment*, vol. 39, n° 7, p. 851-861.
- Enshassi, Adnan. 1996. « Materials control and waste on building sites ». *Building Research and Information*, vol. 24, n° 1, p. 31-34.
- Environment Agency. 2008. *Sustainable Construction: Position Statement : Key information*. En ligne. <[http://www.environment-agency.gov.uk/aboutus/512398/289428/654938/?lang=\\_e](http://www.environment-agency.gov.uk/aboutus/512398/289428/654938/?lang=_e)>. Consulté le 20 mai 2008.
- Euractiv.fr. 2007. *Déchets : la France contrainte de renforcer la prévention*. En ligne. <<http://www.euractiv.fr/environnement/article/dechets-renforcer-prevention-incineration>>. Consulté le 20 mai 2008.
- Fédération Française du Bâtiment. 2003. « Mieux gérer les déchets de chantiers de bâtiment : Le tri des déchets; un acte majeur pour la maîtrise des coûts d'élimination ». En ligne. FFB ADEME. <[www.dechets-chantier.ffbatiment.fr/PDF/MieuxGerer.pdf](http://www.dechets-chantier.ffbatiment.fr/PDF/MieuxGerer.pdf)>. Consulté le 27 février 2007.
- Fédération Française du Bâtiment. 2008. *Déchets de chantier*. En ligne. <<http://www.dechets-chantier.ffbatiment.fr/>>. Consulté le 25 mai 2008.
- Fortin, André J. 2003. *Étude d'un projet de déconstruction au 245 rue Richelieu à Saint-Jean-sur-Richelieu*. En ligne. Montréal: Recyc-Québec, 12 p. <[http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/upload/Publications/MICI/Deconstr\\_Richelieu.pdf](http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/upload/Publications/MICI/Deconstr_Richelieu.pdf)>. Consulté le 11 février 2007.
- France. À jour au 15 février 2000. *Circulaire du 15 février 2000 relative à la planification de la gestion des déchets de chantier du bâtiment et des travaux publics (BTP)*. En ligne. Paris. <<http://aida.ineris.fr/textes/circulaires/text4128.htm>>. Consulté le 7 mars 2007.
- Gauzin-Muller, Dominique. 2001. *L'architecture écologique : 29 exemples européens*. Paris: Le Moniteur, 286 p.
- Greater Vancouver Regional District. 2001. *Best Practices Guide - Material Choices for sustainable Design*. En ligne. Coll. « BuildSmart ». Vancouver: Greater Vancouver Regional District, 87 p. <<http://www.gvrd.bc.ca/buildsmart/materials.htm>>. Consulté le 3 mai 2007.
- HQE Association. 2001. « Référentiel - Définition explicite de la qualité environnementale - Référentiel des caractéristiques HQE ». En ligne. Paris: Association HQE. <[http://www.assohqe.org/documents\\_referentiels.php](http://www.assohqe.org/documents_referentiels.php)>. Consulté le 4 avril 2008.



- HQE Association. 2002. « La démarche HQE en pratique - 2e assises de la démarche HQE ». En ligne. Région Aquitaine: <<http://www.moka.fr/dossier%20de%20presse.pdf>>. Consulté le 29 janvier 2008.
- HQE Association. 2006. « Mode d'emploi ». En ligne. <[www.assohqe.org/docs/HQE\\_mode\\_d'emploi.doc](http://www.assohqe.org/docs/HQE_mode_d'emploi.doc)>. Consulté le 28 février 2007.
- iiSBE. 2008. *SBTool and Notes*. Logiciel en ligne. <[http://www.iisbe.org/iisbe/sbc2k8/sbc2k8-download\\_f.htm](http://www.iisbe.org/iisbe/sbc2k8/sbc2k8-download_f.htm)>. Consulté le 6 juin 2008.
- Japan Sustainable Building Consortium. 2004. « CASBEE for New Construction ». En ligne. Institute for Building Environment and Energy Conservation,. Consulté le 11 octobre 2007.
- Johnston, Hal et William R. Mincks. 1992. « Waste management for the construction manager ». Transactions of the American Association of Cost Engineers, vol. 2, p. 5.1-5.13.
- KPI Working Group. 2000. *KPI Report for The Minister for Construction*. En ligne. London: Department of the Environment Transport and the Regions, 34 p. <<http://www.berr.gov.uk/files/file16441.pdf>>. Consulté le 9 mai 2007.
- Krueger, Richard A. et Mary Anne Casey. 2000. *Focus Group - A practical guide for applied research*, 3ème. Thousand Oaks: Sage publications, 215 p.
- Kwan, Mallet, Mason et Spencer. 2001. *Tools for measuring and forecasting waste generated on site*. Coll. « Project report », 83. London: Construction Industry Research and Information Association, 21 p.
- Larsson, Nils. 2006. *An overview of the GBC Method and SBTool*. En ligne. International Initiative for a Sustainable Built Environment, 16 p. <[http://iisbe.org/iisbe\\_dev/SBTool\\_notes\\_Sept06.pdf](http://iisbe.org/iisbe_dev/SBTool_notes_Sept06.pdf)>. Consulté le 16 mai 2007.
- Leedy, Paul D. et Jeanne Ellis Ormrod. 2005. *Practical Research: Planning and Design*, 8th edition. New Jersey: Pearson Merrill Prentice Hall.
- Lepage, Jean-François, Jacques Whitford et Lyse M. Tremblay. 2003. *Gestion des déchets de construction - Chantier du Mountain Equipment Coop - Montréal*. En ligne. Montréal: RECYC-Québec, 23 p. <[http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/upload/Publications/gestion\\_des\\_dechets\\_de\\_construction\\_-\\_c.pdf](http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/upload/Publications/gestion_des_dechets_de_construction_-_c.pdf)>. Consulté le 11 février 2007.

- Lützkendorf, Thomas et David Lorenz. 2006. « Using an integrated performance approach in building assessment tools ». *Building Research and Information*, vol. 34, n° 4, p. 334-356.
- Mamfredis, Vouli. 2006. *Gestion de déchets CRD sur un chantier résidentiel urbain - Projet Cuvilier*. Montréal: RECYC-Québec, 8 p. <<http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/upload/publications/MICI/GestCRDChUrb.pdf>>. Consulté le 21 février 2007.
- Marques, Jorge, Freda Pagani et Joanne Perdue. 1999. « Process makes product: Demonstration green building at Canadian university ». In *ASHRAE Transactions: Symposia*. p. 819-830. Seattle, WA, USA: The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Marsmann, Manfred. 2000. « The ISO 14040 Family ». *Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 5, n° 6, p. 317-318.
- McDonald, B. et M. Smithers. 1998. « Implementing a waste management plan during the construction phase of a project ». *Construction Management and Economics*, vol. 16, n° 1, p. 71.
- McGrath, C. 2001. « Waste minimisation in practice ». *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 32, n° 3-4, p. 227-238.
- Ministère de l'Équipement - DDEA du Val d'Oise. 2005. *Déchets du bâtiment et des travaux publics : Aménager les territoires*. En ligne. <[http://www.val-d-oise.equipement.gouv.fr/amenager\\_territoires/dechets\\_BTP/index.htm#volumes](http://www.val-d-oise.equipement.gouv.fr/amenager_territoires/dechets_BTP/index.htm#volumes)>. Consulté le 25 mai 2008.
- Ministère de l'Équipement DDEA du Val d'Oise. 2005. *Déchets du bâtiment et des travaux publics : Aménager les territoires*. En ligne. <[http://www.val-d-oise.equipement.gouv.fr/amenager\\_territoires/dechets\\_BTP/index.htm#volumes](http://www.val-d-oise.equipement.gouv.fr/amenager_territoires/dechets_BTP/index.htm#volumes)>. Consulté le 25 mai 2008.
- Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement. 2000. « Recommandation No T2-2000 ». En ligne. Paris: Section technique de la commission centrale des marchés. <<http://www.dechets-chantier.ffbatiment.fr/PDF/RecoT2-2000.pdf>>. Consulté le 7 mars 2007.
- Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement. 2004. « Déchets du BTP - Plan de Gestion pour Paris et la Petite couronne ». En ligne. <<http://www.ile-de->

[france.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/planppcpt\\_cle0ab4e8.pdf](http://france.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/planppcpt_cle0ab4e8.pdf)>. Consulté le 6 juillet 2007.

NHS Estates. 2003. *NHS Environmental Assessment Tool (NEAT) - Procedural Paper 1*. Logiciel en ligne. Royaume Uni <[http://www.dh.gov.uk/en/Publicationsandstatistics/Publications/PublicationsPolicyAndGuidance/DH\\_4119943](http://www.dh.gov.uk/en/Publicationsandstatistics/Publications/PublicationsPolicyAndGuidance/DH_4119943)>. Consulté le 8 mai 2007.

OECD. 2004. « OECD/IEA Joint workshop on sustainable building: Toward sustainable use of building stock ». En ligne. <<http://www.oecd.org/dataoecd/9/20/35896769.pdf>>. Consulté le 29 mai 2008.

Office québécois de la langue française. 2006. *Grand dictionnaire terminologique*. En ligne. <[http://www.granddictionnaire.com/btml/fra/r\\_motclef/index1024\\_1.asp](http://www.granddictionnaire.com/btml/fra/r_motclef/index1024_1.asp)>. Consulté le 22 juillet 2008.

Osmani, M., J. Glass et A. D. F. Price. 2008. « Architects' perspectives on construction waste reduction by design ». *Waste Management*, vol. 28, n° 7, p. 1147-1158.

Peuportier, Bruno. 2003. *Eco-conception des bâtiments*. Écoles des mines de Paris, 276 p.

Pitre, Mélanie. 2008. « Gestion intégrée des matières résiduelles provenant de l'industrie de la construction de bâtiments ». Montréal, École de technologie supérieure, 217 p.

Poon, C. S., Ann T. W. Yu et L. Jaillon. 2004a. « Reducing building waste at construction sites in Hong Kong ». *Construction Management and Economics*, vol. 22, n° 5, p. 461-470.

Poon, C. S., X. Yuqing et C. M. Cheung. 1996. « Building waste minimization in Hong Kong construction industry ». *Journal of Solid Waste Technology and Management*, vol. 23, n° 2, p. 111-117.

Poon, Chi Sun, Ann Tit Wan Yu, Sze Wai Wong et Esther Cheung. 2004b. « Management of construction waste in public housing projects in HongKong ». *Construction Management and Economics*, vol. 22, n° 7, p. 675-689.

Québec (Province). À jour au 1er mai 2008. *Loi sur la qualité de l'environnement: L.R.Q., chapitre Q-2*. En ligne. Québec (Qué.): Éditeur officiel du Québec. <[http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/Q\\_2/Q2.htm](http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/Q_2/Q2.htm)>. Consulté le 20 mai 2008.

Québec (Province). À jour au 30 avril 2008a. *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles: c. Q-2, r.6.02*. En ligne. Québec (Qué.): Éditeur officiel du



Québec.

<[http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q\\_2/Q2R6\\_02.HTM](http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q_2/Q2R6_02.HTM)>. Consulté le 20 mai 2008.

Québec (Province). À jour au 30 avril 2008b. *Règlement sur les matières dangereuses: c. Q-2, r.15.2*. En ligne. Québec (Qué.): Éditeur officiel du Québec. <[http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q\\_2/Q2R6\\_02.HTM](http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q_2/Q2R6_02.HTM)>. Consulté le 20 mai 2008.

Québec, Développement durable faunes et parcs. 2007. *Les redevances à l'élimination de matières résiduelles: Renseignements sur l'inscription au programme*. En ligne. <<https://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/redevance/renseignements.htm#sommestesredis>>. Consulté le 20 mai 2008.

Recyc-Québec. 1999. *Guide d'information sur les matériaux secs*. Québec, 124 p.

Recyc-Québec. 2005. « Bilan 2004 de la gestion des matières résiduelles au Québec ». En ligne. <[http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/upload/Publications/bilan\\_2004\\_de\\_la\\_gestion\\_des\\_matiere\\_rpd\\_f](http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/upload/Publications/bilan_2004_de_la_gestion_des_matiere_rpd_f)>.

Recyc-Québec. 2006. « Fiche d'information: Les résidus de construction, de rénovation et de démolition ». En ligne. <[http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/Upload/Publications/zFiche\\_456.pdf](http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/Upload/Publications/zFiche_456.pdf)>. Consulté le 7 décembre 2006.

Recyc-Québec. 2007a. « Bilan 2006 de la gestion des matières résiduelles au Québec ». En ligne. <<http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/upload/Publications/Bilan2006.pdf>>. Consulté le 16 mai 2008.

Recyc-Québec. 2007b. *Répertoires: Répertoire québécois des récupérateurs, recycleurs et valorisateurs*. En ligne. <<http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/client/fr/repertoires/rep-recuperateurs.asp>>. Consulté le 7 février 2007.

Rivard, Hugues. 2007. « MGC-921: Impacts environnementaux des bâtiments et bâtiments durables ». Montréal: École de technologie supérieure: Notes de cours MGC-921 du programme de Maîtrise en génie de la construction.

Sara, B., E. Antonini et M. Tarantini. 2001. « Application of Life Cycle Assessment (LCA) methodology for valorization of building demolition materials and products ». In *Proceedings of SPIE*. Vol. 4193, p. 382-390. Coll. « Environmentally Conscious Manufacturing Conference ». Boston, MA. <<http://dx.doi.org/10.1117/12.417284>>.

- Sassi, Paola. 2002. « Study of current building methods that enable the dismantling of building structures and their classifications according to their ability to be reused, recycled or downcycled ». En ligne. Nottingham: University of Nottingham. <[http://www.greenspec.co.uk/documents/design/sassi/155\\_sassi2002.doc](http://www.greenspec.co.uk/documents/design/sassi/155_sassi2002.doc)>. Consulté le 8 juin 2007.
- Shen, L. Y., Vivian W. Y. Tam, C. M. Tam et D. Drew. 2004. « Mapping approach for examining waste management on construction sites ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 130, n° 4, p. 472-481.
- Spivey, David A. 1974. « Construction Solid Waste ». *American Society of Civil Engineers, Journal of the Construction Division*, vol. 100, n° 4, p. 501-506.
- Susan Morris Specifications Limited. 2001. « Project Waste Management - Master Specification ». En ligne. Vancouver: Greater Vancouver Regional District. <<http://www.gvrd.bc.ca/recycling-and-garbage/pdfs/WasteManagementSpecifications.pdf>>. Consulté le 2 mai 2007.
- Travaux Publics Services Gouvernementaux Canada. 2000. « Guide du DDN pour la rédaction de devis de construction et de rénovation respectueux de l'environnement ». En ligne. Hull. <[http://www.tpsgc.gc.ca/ddn/docs/pdf/const\\_ren\\_guide-f.pdf](http://www.tpsgc.gc.ca/ddn/docs/pdf/const_ren_guide-f.pdf)>.
- Trusty, Wayne B. 2005. « Introducing An Assessment Tool Classification System ». In. En ligne. <<http://www.athenasmi.ca/publications/docs/AssessTypologyTool.pdf>>. Consulté le 16 mai 2007.
- Urio, A. F. et A. C. Brent. 2006. « Solid waste management strategy in Botswana: The reduction of construction waste ». *Journal of the South African Institution of Civil Engineering*, vol. 48, n° 2, p. 18-22.
- Utopies. 2007. *Construction durable: De la théorie à la pratique*. En ligne. Paris: Utopies, 44 p. <<http://www.constructiondurable.com/docs/RapportConstruction2007.pdf>>. Consulté le 1er Mai 2007.
- Wong et Yip. 2004. « Promoting sustainable construction waste management in Hong Kong ». *Construction Management and Economics*, vol. 22, n° 6, p. 563-566.
- Yin, Robert K. 2003. *Case Study Research Design and Methods*, 5, Third Edition. London: Sage Publication, 181 p.
- Yu, Ann T. W., C. S. Poon et L. H. Ng. 2001. « On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong ». *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 32, n° 2, p. 157-172.